

Odotettavissa odottamatonta:

Tulvat ja kriittinen infrastruktuuri

Rankkasateiden aiheuttamien tulvien sietokyvyn
parantaminen Euroopan kaupungeissa



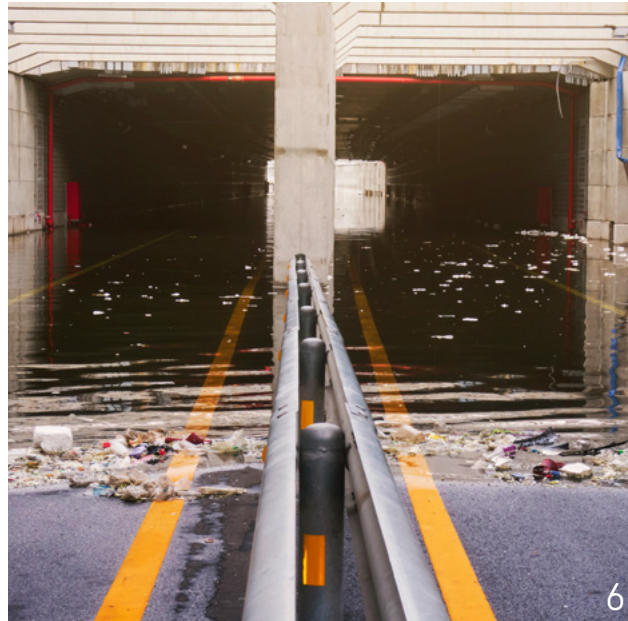
5

Valmistautuminen ja häiriönsietokyvyn kehittäminen edellyttävät yhteisiä toimia.



7

Millä tavoin kaupunkien infrastruktuuri on haavoittuvainen ilmastonmuutoksen vaikutuksien vuoksi ja minkälaisia strategioita kaupungeilla on kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuviin vaikutuksiin liittyen? Sweco tutki 26 eurooppalaisen kaupungin toimintalinjauksia.



6

CER-direktiivi kriittisten toimijoiden häiriönsietokyvystä (Critical Entities Resilience Directive) edellyttää, että EU:n jäsenvaltiot varmistavat kriittisten palveluiden keskeytymättömän tarjonnan. Siinä luetellaan 11 kriittisen infrastruktuurin sektoria, joiden toiminnan keskeytyminen johtaa julkisten palveluiden, taloudellisen toiminnan, kansanterveyden, turvallisuuden ja ympäristön vaarantumiseen.



22

Kuinka parantaa häiriönsietokykyä suunnittelun avulla? Lue, miten infrastruktuurisektorit ja kaupungit voivat edistää muutosta.

Sisällys

Tiivistelmä	3
Johdanto	4
Kriittisen infrastruktuurin haavoittuvuuden ymmärtäminen	6
- Kriittiset infrastruktuurisektorit	8
- Raportissa tarkastellut haavoittuvuudet	9
- Kaupunkien altistuminen tulville	12
Infrastruktuuriin kohdistuvien häiriöiden vaikutukset	13
- Kerrannaisvaikutukset	14
- Kansalasiin kohdistuvat piilovaikutukset	18
Johtopäätökset ja keskeiset havainnot	19
- Mitkä ovat selvityksen tärkeimmät havainnot?	20
Suosituks	22
- Kuinka parantaa häiriönsietokykyä suunnittelun avulla?	23
- Mitä seuraavaksi?	24
Raportin kirjoittajat	26
Erityiskiitokset	27
Lähteet	27

Tiivistelmä

Taustaa

Rankkasateiden aiheuttamista tulvista johtuvat kriittisen infrastruktuurin häiriöt aiheuttavat merkittäviä riskejä yhteiskunnalle, kansanterveydelle, taloudelle ja ympäristölle. Viimeaikaiset rajut tulvat Euroopassa osoittavat, että sateet pystyvät sulkemaan kaupunkeja ja aiheuttamaan valtavia vahinkoja ja kustannuksia. Tutkimusten mukaan Euroopan kaupunkeihin kohdistuu tulevaisuudessa entistä voimakkaampia ja useammin toistuvia rankkasateita. Tämä korostaa kattavan riskinarvioinnin ja -hallinnan tarvetta myös kriittisen infrastruktuurin osalta. Euroopan unionin uusi CER-direktiivi kriittisten toimijoiden häiriönsietokyvystä (Critical Entities Resilience Directive) edellyttää toimenpiteitä, joilla varmistetaan keskeisten palvelujen keskeytymättömyys 11 kriittisellä toimialalla. Sweco on selvittänyt kriittisen infrastruktuurin alttiutta rankkasateiden aiheuttamille hulevesitulville Euroopan kaupungeissa.

Menetelmät

Raportissa tutkittiin haavoittuvuuksia, vaikutuksia ja riskien lieventämisstrategioita monitahoisella lähestymistavalla. Ensimmäinen osa oli politiikka-analyysi: Ilmastoriskien hallinnan nykyisiä puitteita selvitettiin tarkastelemalla 26 eurooppalaisen kaupungin ilmastomuutokseen sopeutumista koskevia linjauksia ja vesienhallintasuunnitelmia. Toiseksi haastateltiin sidosryhmiä: Politiikka-analyysiä täydennettiin haastatteleamalla kaupunkien edustajia. Nämä näkemykset tarjosivat käytännön näkökulmia kriittisen infrastruktuurin haavoittuvuuteen ja kaupungeille ominaisiin haasteisiin.

Keskeiset havainnot

Tämä selvitys osoittaa, että kaupunkeja ei ole suunniteltu muuttuvaan ilmastoon. Lisäksi muun muassa kaupungistuminen, vanhentunut infrastruktuuri ja maantieteellinen sijainti vaikuttavat merkittävästi altistumiseen ilmastoriskeille. Rankkasateisiin varautuminen on erittäin monimutkainen ja vaativa tehtävä kunnille ja niiden yhteistyökumppaneille. Kriittistä infrastruktuuria on olennaisen tärkeää tutkia sekä alue- että järjestelmänäkökulmista.

Swecon selvityksen mukaan kunnat painottavat ensisijaisesti teknistä infrastruktuuria (esim. liikenne- ja sähköjärjestelmiä) suhteessa sosiaaliseen infrastruktuuriin, kuten sairaaloihin, päiväkodeihin ja vanhustenhoitolaitoksiin. Yllättäen muun muassa pankit, datakeskukset ja kriisikeskukset jätetään usein huomiotta, vaikka ne ovat talousjärjestelmämme selkäranka. Selvityksessä tuodaan esiin myös infrastruktuuriin kohdistuneiden häiriöiden usein unohdettuja psykologisia vaikutuksia, kuten väestön kokemaa stressiä ja pelkoa.

Infrastruktuurijärjestelmät ovat riippuvaisia toisistaan, joten yhden järjestelmän pettäminen voi aiheuttaa häiriöitä muissakin järjestelmissä. Näillä kerrannaisvaikutuksilla voi olla odottamattomia ja vakavia yhteiskunnallisia seurauksia. Olemme laatineet tähän raporttiin toimenpidesuosituksia, jotka perustuvat tekemäämme politiikka-analyysiin ja sidosryhmien haastatteluista saamiimme näkemyksiin:

- Haavoittuvuuden ja vaikutusten arviointi: Alttiuden lisäksi riskinarvioinneissa olisi tarkastettava eri infrajärjestelmien ja -rakenteiden mahdollista haavoittuvuutta ottaen huomioon sijainti, rakentaminen, ylläpito ja suunnittelu.
- Kerrannaisvaikutusten tutkiminen: Tunnistettava infrastruktuurijärjestelmien keskinäinen riippuvuus ja arvioitava kerrannaisvaikutuksia järjestelmiä hallinnoivien toimijoiden välisen yhteistyön avulla.
- Sosiaalisen infrastruktuurin huomioiminen: Tunnistettava sosiaalisen infrastruktuurin merkitys häiriönsietokyvyn parantamisessa ja käsiteltävä infrastruktuurin pettämisen emotionaalisia ja psykologisia vaikutuksia.
- Selkeiden tavoitteiden asettaminen: Asetettava toimintaa ohjaavat tavoitteet, joissa otetaan huomioon hyväksyttävät riskitasot ja kustannustehokkaat investoinnit.
- Synergioiden luominen infrajärjestelmien ja -rakenteiden välille: Yhdistettävä alttiuden vähentämiseen, haavoittuvuuden lieventämiseen ja vaikutusten rajoittamiseen tähtääviä toimia ja keskityttävä ajoitukseen ja kustannustehokkuuteen.



- Oikean sijainnin valitseminen: Priorisoitava rakentamista vähemmän vaarallisille alueille ja harkittava siirtämistä vähemmän alttiille alueille päivitysten yhteydessä.
- Toiminnallisten vaatimusten asettaminen: Kehitettävä toimialakohtaisia ilmastokestävän infrastruktuurin standardeja.

Mitä seuraavaksi?

Me Swecolla olemme oppineet hankkeistamme, että häiriönsietokyvyn kehittäminen on iteratiivinen prosessi, joka edellyttää kokonaisvaltaista, monialaista lähestymistapaa. Kaupungit ovat jatkuvassa muutoksessa, joten myös kantokykyä horjuttavat tekijät muuttuvat. Lisäksi ymmärryksemme ilmastomuutoksesta kehittyi jatkuvasti. Nämä kaikki ovat hyviä syitä arvioida riskejä ja päivittää toimenpiteitä säännöllisesti. Kaupunkitaso poliittisten päättäjien ja kriittisen infrastruktuurin omistajien ja ylläpitäjien on tehtävä yhteistyötä, jotta ilmastomuutoksen riskejä voidaan arvioida ja lieventää kokonaisvaltaisesti. Prosessin jokainen iteraatiovaihe tuottaa lisää tietoa ja näkemyksiä, joiden avulla voidaan paremmin tukea kriittisen infrastruktuurin häiriönsietokykyä koskevia investointipäätöksiä. Analyysin aloittaminen on ensiarvoisen tärkeää. Tässä raportissa esitellään seitsemän askelta kohti parempaa häiriönsietokykyä.

Johdanto

Vuoden 2021 heinäkuun 14. päivän yönä tuhoisa katastrofi iski useille Euroopan alueille muun muassa Saksassa, Belgiassa ja Alankomaissa. Se häiritsi elintärkeitä palveluita, kuten sairaaloita ja palokuntia ja vahingoitti laajalti teitä, rautateitä, siltoja ja kunnallistekniikkaa. Toipuminen ja palautuminen tulevat kestämään kuukausista vuosiin.

Tämä katastrofi ei johtunut seismisestä toiminnasta vaan ennennäkemättömästä luonnonvoimasta: äärimmäisistä rankkasateista. Tuhoalueilla satoi lyhyessä ajassa huimat 100–200 millimetriä vettä ja tilannetta pahensi se, että maaperä oli jo aiempien sateiden jäljiltä lämpimä. Tapahtuma oli karu muistutus ilmastonmuutoksen vaaroista.

Rankkasateet lisääntyvät

Kansainvälinen asiantuntijaryhmä World Weather Attribution (WWA) on laatinut kattavan analyysin siitä, miten ilmastonmuutos vaikuttaa äärimmäisiin kesäsateisiin, kuten heinäkuun 2021 tapahtumiin Saksassa, Alankomaissa ja Belgiassa. Tutkijat ennustavat, että tällaiset äärimmäiset sademäärät osuvat nykyisessä ilmastossa kerran 400 vuodessa tietyille alueelle Pohjanmeren ja Alppien välillä. Rankkasateiden todennäköisyys ylipäätään tällä maantieteellisellä alueella tulee kasvamaan. Ilmastomallien mukaan tällaiset rankkasateet voivat lisääntyä jopa 6 prosenttia vuoteen 2040 mennessä.¹

Äärimmäiset rankkasateet ovat lisääntyneet Euroopassa ja ilmastonmuutoksen odotetaan lisäävän niiden esiintymistiheyttä ja voimakkuutta entisestään. Rankkasateet lisääntyvät suurten hiilipäästöjen skenaarioissa todennäköisesti eniten erityisesti Pohjois-Euroopassa. Vuoteen 2050 mennessä äärimmäisten kesäsateiden ennustetaan aiheuttavan noin 25 prosenttia nykyistä enemmän sadetta.²

Vahingot

Tällaiset äärimmäiset rankkasateet aiheuttavat huomattavia suoria ja välillisiä vahinkoja. Esimerkiksi vuoden 2021 kesätulvat Euroopassa aiheuttivat yli 38 miljardin euron vahingot.³

Nämä esimerkit osoittavat, miten valtavia ongelmia ja kustannuksia sateiden aiheuttamat tulvat voivat aiheuttaa kaupungeille. Lämpenevässä ilmastossa Euroopan on selviydyttävä runsaammista sateista, joita nykyiset hulevesijärjestelmät eivät kykene käsittelemään.

Kuten kuvan esimerkit osoittavat, sateiden aiheuttamat tulvat voivat aiheuttaa kaupungeille valtavasti vahinkoa. Yksi asia on varmaa: olivatpa tarkat tilastot mitkä tahansa, lämpenevän Euroopan on selviydyttävä voimakkaammista sateista, joiden taklaamiseen nykyisiä hulevesiratkaisuita tai kriittisiä infrastruktuurijärjestelmiä ei ole suunniteltu.

Viimeaikaisten rankkasateiden aiheuttamien tulvien vahingoista aiheutuneet kustannukset Euroopassa

	Kööpenhamina	Malmö	Alankomaat, Saksa ja Belgia	Glasgow
Vuosi	Kesä 2011	Kesä 2014	Kesä 2021	Kesä 2021
Sademäärä 24 tunnissa	135,4 mm 24 tunnissa ⁶	85,5 mm 6 tunnissa ⁷	150 mm 24 tunnissa ⁸	15–30 mm 1 tunnissa ⁹
Vahingot (€)	800 milj. € + 30 % kansalaisille ja paikallisille yrityksille	50,2 milj. €	38 mrd. € ³	15,7 milj. €



Hybridihyökkäykset ja ilmastonmuutoksen vaikutukset lisääntyvät. Valmistautuminen ja häiriönsietokyvyn kehittäminen edellyttävät yhteisiä toimia. Hyväksymällä tänään tämän direktiivin otamme jälleen yhden askeleen kohti sen varmistamista, että yhteiskuntamme ja teollisuutemme ovat valmistautuneet kohtaamaan turvallisuushaasteet ja keskeisten palveluiden tarjonnassa ilmenevät häiriöt.

Ylva Johansson, EU:n sisäasioista vastaava komissaari, 25.7.2023 kriittisten toimijoiden häiriönsietokykyä koskevan CER-direktiivin hyväksymisestä.

Kriittinen infrastruktuuri ja CER-direktiivi

Vastauksena näihin haasteisiin Euroopan unioni hyväksyi hiljattain kriittisten toimijoiden häiriönsietokykyä koskevan CER-direktiivin (Critical Entities Resilience Directive), joka astui voimaan 16.1.2023.⁴ Vaikka direktiivin ensisijaisena kohteena on kansallisen tason kriittinen infrastruktuuri, se koskee myös paikallisesta kriittisestä infrastruktuurista vastaavia kaupunkien ja kuntien viranomaisia.⁵

Tässä raportissa tarkastellaan kaupunkien valmiuksia selviytyä saateiden aiheuttamien tulvien vaikutuksista kriittiseen infrastruktuuriin. Raportissa tutkitaan, miten kaupungit voivat varautua odottamattomiin tapahtumiin ja laatia ennakoivia suunnitelmia sekä kaupunkien että kriittisen infrastruktuurin häiriönsietokyvyn parantamiseksi. Äärimmäiset rankkasateet ovat malliesimerkki riskistä, joka voi iskeä minne ja milloin tahansa, mikä korostaa myös tunnistamattomiin riskeihin varautumisen tärkeyttä.



Siksi korostammekin sitä, että odottamattomiin haasteisiin on varauduttava ja kaupunkien kriittinen infrastruktuuri on turvattava. Rankkasateet ovat paikallisia mutta voivat aiheuttaa kerrannaisvahinkoja, jotka vaikuttavat kokonaisuun kaupunkeihin ja yhteiskuntaan. Näillä paikallisilla tapahtumilla on kauaskantoisia vaikutuksia yhteiskuntaan.

Sweco haastatteli kahdeksan eurooppalaisen kaupungin edustajia ja arvioi yhteensä 26 kaupungin linjauksia saadakseen tietoa kaupunkien lähestymistavoista äärimmäisten rankkasateiden hallintaan ja niihin varautumiseen. Tässä raportissa jaamme näiden kaupunkien näkökulmia ja tekemiämme havaintoja sekä tutkimustuloksiamme, jotta voimme tarjota sidosryhmillemme arvokasta tietoa siitä, miten kriittinen infrastruktuuri voisi paremmin sietää yhä ankarampia ja useammin toistuvia rankkasateita.

Kriittisen infrastruktuurin haavoittuvuuden ymmärtäminen



Kaupunkien ilmatoriskien arvioinnissa olisi keskityttävä paitsi infrajärjestelmien ja -rakenteiden alttiuteen myös niiden haavoittuvuuteen (kokonaisvaltainen omaisuudenhallinta) ja lisäksi kriittisen infrastruktuurin häiriöiden kerrannaisvaikutuksiin koko kaupungin näkökulmasta. Tällä hetkellä monissa kaupungeissa arvioidaan riskejä yleensä aluekohtaisesti, jolloin otetaan huomioon vain se, ovatko tietyllä alueella sijaitsevat infrajärjestelmät tai -rakenteet alttiina tulville. Luotettavien riskinarviointien tekeminen edellyttää kuitenkin sitä, että sidosryhmät arvioivat hallinnoimansa infrastruktuurin tai rakenteiden haavoittuvuuden laajemman datan ja omaisuuden liittyvän tiedon perusteella. Esimerkiksi sairaalan tai sähkömuuntamon todellinen riskitaso riippuu useista tekijöistä, kuten rakennuskorkeudesta, rakenteesta ja elintärkeiden laitteistojen sijainnista. Siksi vesihuollosta vastaavat tahot eivät voi tehdä tätä analyysia yksin, sillä riskinarvioinnissa on otettava huomioon sekä mahdollisten hulevesitulvien sijainti ja syvyys että infrastruktuurin haavoittuvuus.



Kriittiset infrastruktuurisektorit

CER-direktiivissä asetetaan EU:n jäsenvaltioille tiettyjä velvoitteita, joiden mukaan niiden on erityisin toimenpitein varmistettava, että yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen tai taloudellisen toiminnan ylläpitämiseksi tarvittavia keskeisiä palveluita ja infrastruktuuria tarjotaan esteettömästi sisämarkkinoilla.

Euroopan komissio on hyväksynyt luettelon kriittisten toimijoiden häiriönsietokykyä koskevan direktiivin (CER) piiriin kuuluvista keskeisistä palveluista 11 toimialalla, jotka ylläpitävät kriittistä infrastruktuuria. Nämä toimialat ovat energia, liikenne, pankkiala, rahoitusmarkkinoiden infrastruktuuri, terveys, juomavesi, jätevesi, digitaalinen infrastruktuuri, julkishallinto, avaruus sekä elintarvik-

keiden tuotanto, jalostus ja jakelu. Sekä fyysiset että inhimilliset elintärkeän infrastruktuurin osatekijät on nimenomaisesti yksilöity, ja ne tulisi sisällyttää kaikkiin vaiheisiin häiriönsietokyvyn lisäämiseksi.

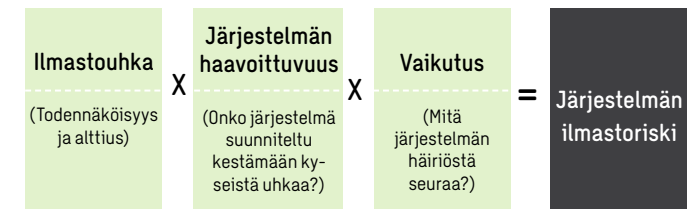
CER-direktiivissä ”kriittisellä infrastruktuurilla” tarkoitetaan hyödykettä, tilaa, laitteistoa, verkostoa tai järjestelmää tai osaa hyödykkeestä, tilasta, laitteistosta, verkostosta tai järjestelmästä, joka on välttämätön keskeisen palvelun tarjoamiseksi. ”Keskeisellä palvelulla” tarkoitetaan palvelua, joka on olennainen välttämättömien yhteiskunnan toimintojen, taloudellisen toiminnan, kansanterveyden, yleisen turvallisuuden tai ympäristön ylläpitämiseksi.³

Näiden kriittisen infrastruktuurin osien häiriöt vaikuttavat suoraan välttämättömiin yhteiskunnan toimintoihin. Miten voimme mitata riskejä, jotta saamme kattavan kuvan infrastruktuuriin kohdistuvista vaikutuksista?

Tarkastellaan ensin, mitä ilmatoriskit ovat. Kriittiseen infrastruktuuriin liittyvä ilmatoriski riippuu kolmesta tekijästä:

- Ilmastouhka ja sen toteutumisen todennäköisyys. Äärimmäiset rankkasateet ovat tällainen uhkatekijä, jolla on tietty todennäköisyys esiintyä tietyssä paikassa ja joka altistaa tietyn alueen tulville.
- Infrajärjestelmien tai -rakenteiden haavoittuvuus. Johtaako tulva järjestelmän toimintahäiriöön? Tämä riippuu hyvin paljon siitä, miten itse järjestelmä on rakennettu.
- Mahdollisen häiriön vaikutus. Kuka tai mikä kärsii, jos järjestelmä lakkaa toimimasta? Tähän luetaan mukaan vaikutukset yhteiskuntaan, ympäristöön ja talouteen.

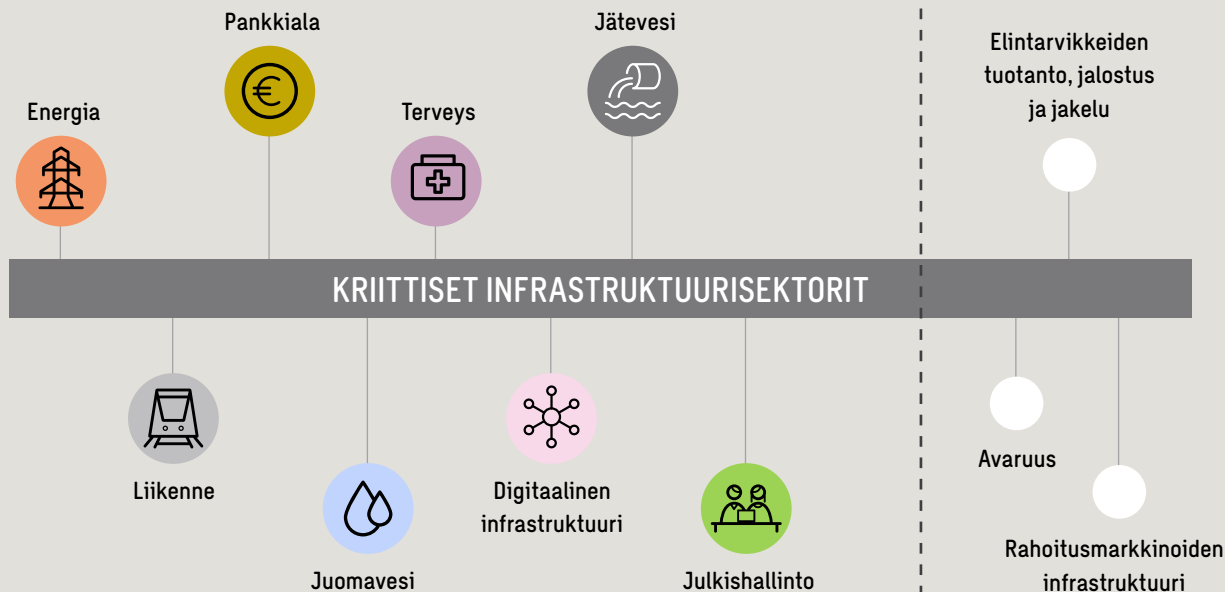
Yhdistämällä nämä tekijät saadaan kaava, jota käytetään laajalti ilmatoriskien kattavaan arviointiin.



Koska kriittisen infrastruktuurin häiriö voi johtaa välttämättömien yhteiskunnan toimintojen, taloudellisen toiminnan, kansanterveyden, yleisen turvallisuuden tai ympäristön häiriöihin, vaikutukset ovat mitattavat. Tämän vuoksi riski on suuri siinäkin tapauksessa, että häiriön todennäköisyys on pieni.

CER-direktiivissä mainitut kriittisen infrastruktuurin toimialat

(värilliset toimialat on huomioitu tässä selvityksessä)



Raportissa tarkastellut haavoittuvuudet

Selvitimme Swecolla 26 Euroopan kaupungin toimintalinjauksia ja politiikkoja ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi. Tavoitteenamme on ollut koota tähän raporttiin lisää tietoa kaupunkien kriittisen infrastruktuurin haavoittuvuuksista ja kartoittaa, millä tasolla kaupungeissa ymmärretään ilmatorstien vaikutukset sekä minkälaisia strategioita on luotu resilienssin vahvistamiseksi. Tutkimuksessa tarkasteltiin seuraavien kaupunkien linjauksia: Amsterdam, Antwerpen, Ateena, Barcelona, Berliini, Brugge, Bryssel, Dortmund, Glasgow, Heidelberg, Helsinki, Kööpenhamina, Lissabon, Lontoo, Maastricht, Suur-Manchester, Oslo, Pariisi, Poznań, Praha, Rooma, Rotterdam, Stavanger, Tukholma, Varsova ja Vejle.

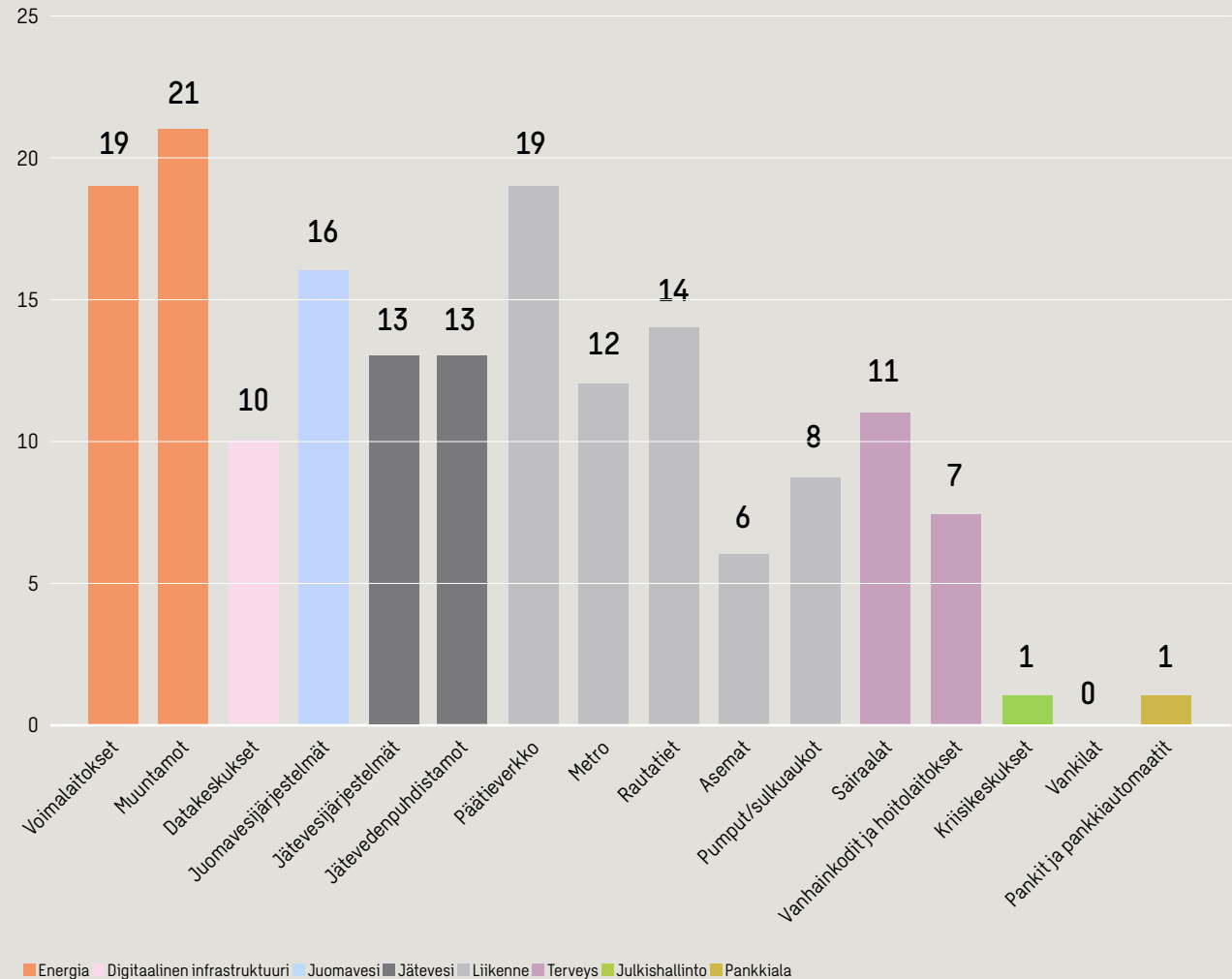
Huomattakoon, että tässä analyysissä keskityttiin yleisiin kantokykyä ja vesien hallintaa koskeviin linjauksiin eikä direktiivin kaikkien 11 toimialan alakohtaisiin linjauksiin.

Lisäksi syvällisemmän tiedon saamiseksi haastateltiin edustajia kahdeksasta Euroopan kaupungista (Bryssel, Glasgow, Helsinki, Kööpenhamina, Maastricht, Poznań, Stavanger ja Tukholma). Haastatteluissa kaupunkien edustajat esittivät mielenkiintoisia näkemyksiä viimeaikaisista ilmastoon liittyvistä tapahtumista, kaupunkien linjauksista, huolenaiheista ja siitä, miten kaupungit aikovat selviytyä vastaavista tapahtumista tulevaisuudessa. Tuloksista käy myös ilmi, miten monia eri näkökohtia kriittisen infrastruktuurin häiriönsietokyvyn parantamisessa on otettava huomioon.

Ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevien linjausten painopisteet
Mihin kaupungit tällä hetkellä keskittyvät kriittisen infrastruktuurin suhteen? Analysoimme 26 kaupungin vesienhallinta- ja häiriönsietokykylinjauksia.

Analyysissä kävi ilmi, että nykyiset linjaukset painottavat pääasiassa teknisiä ja niin sanottuja kovia kriittisiä infrastruktuuri-elementtejä, kuten tieverkkoja sekä sähkön ja veden jakelujärjestelmiä. Terveys ja hyvinvoinnin edistämisen kannalta keskeistä sosiaalista infrastruktuuria, kuten sairaaloita, päiväkoteja, vanhustenhoitolaitoksia ja kriisikeskuksia, ei useinkaan otettu huomioon.

Kriittisten toimialojen maininnat kaupunkien ilmastonmuutokseen sopeutumista ja häiriönsietokykyä koskevilla strategioilla



Kaavio havainnollistaa, kuinka monta kertaa selvityksessä tarkastellut 26 kaupunkia mainitsevat erityyppiset kriittiset infrastruktuurit ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevilla linjauksissaan ja vesienhallintasuunnitelmissaan. Eri infrastruktuurisektorit on merkitty kuvaajaan eri väreillä.

Haavoittuvin infrastruktuuri

Tekemämme kahdeksan haastattelua osoittavat, että Euroopan kaupunkien resilienssi-strategioissa on huomioitu ne infrastruktuurisektorit, jotka mielletään kaikista altteimmiksi hulevesitulville, kuten alla olevasta taulukosta käy ilmi.









Kaikki haastattelemamme kaupunkien edustajat nimesivät haavoittuvimpien kriittisten infrastruktuuri-elementtien joukkoon päätieverkot, sähköasemat ja liikenteen. Kolmessa kaupungissa fyysisten ver-

kostojen ja järjestelmien lisäksi haavoittuvimpiin toimialoihin luettiin myös terveys ja haavoittuvimmassa asemassa olevista ihmisryhmistä huolehtiminen.

Mielenkiintoista on se, että pankkeja, kriisikeskuksia ja vankiloita ei luettu yhdessäkään kaupungissa kaikkein haavoittuvimpien organisaatioiden tai yksikköjen joukkoon. Edes datakeskuksia ei mainittu lainkaan. Myös näillä sektoreilla on kuitenkin ratkaiseva merkitys julkisten palveluiden ja turvallisuuden ylläpitämisessä.

Haastatteluista kävi myös ilmi, että kaupungeilla on taipumus tarkastella riskejä lähinnä suoraviivaisten uhkatekijöiden näkökulmasta. Ovatko järjestelmät ja rakenteet alttiita tulville, ja mitä asialle voi tehdä? Riskien toista puolta, haavoittuvuutta ja kumulatiivisille vaikutuksille alttiutta, ei mainita juuri lainkaan. Panostamalla infraomaisuuden ja -järjestelmien haavoittuvuuden vähentämiseen voidaan näin ollen merkittävästi parantaa häiriönsietokykyä.

Haastatteluissa esiin tuodut haavoittuvimmat infrastruktuurit kaupungeittain

<p>Bryssel</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Metro 2) Jätevedenpuhdistamot 3) Päätieverkko 	<p>Maastricht</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Päätieverkko 2) Sähkömuuntamot 3) Sairaalat 4) Vanhainkodit 5) Hoitokodit
<p>Kööpenhamina</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Päätieverkko 2) Sähkömuuntamot 3) Rautatiet 4) Sairaalat 	<p>Poznań</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Jätevesijärjestelmät 2) Pumput/sulkuaukot 3) Päätieverkko 4) Juomavesijärjestelmät 5) Jätevedenpuhdistamot
<p>Glasgow</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Päätieverkko 2) Rautatiet 3) Metro 4) Koulut ja päiväkodit 5) Hoitokodit 	<p>Stavanger</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Päätieverkko 2) Jätevesijärjestelmät 3) Sähkömuuntamot 4) Juomavesijärjestelmät 5) Asemat
<p>Helsinki</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Päätieverkko 2) Sähkömuuntamot 3) Pumput/sulkuaukot 4) Jätevedenpuhdistamot 5) Sairaalat 	<p>Tukholma</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Päätieverkko 2) Rautatiet 3) Metro 4) Sähkömuuntamot 5) Koulut ja päiväkodit

Kaupunkien ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja resilienssin vahvistamisen toimenpideohjelmista esiin nousseet viittaukset kriittisimmistä ja välttämättömmistä infrastruktuurijärjestelmistä.

Lainauksia haastatteluista – eniten pinnalle nousseet aiheet

” Jotkut asukkaat huolestuvat nykyään aina, kun sataa. Tämä kuormittaa heidän mielenterveyttään.
Glasgow

” Tulvan seurauksena tunnustettiin yleisesti, että jo aloitettu työ on tarpeellista ja virastojen välinen yhteistyö on välttämätöntä.
Stavanger

” Viemäröinti- ja hulevesijärjestelmien pettäminen on johtanut rautateiden tulvimiseen.
Tukholma

” Keskustan rakennukset ovat kärsineet vahinkoja ja tiet ovat tulvineet.
Helsinki

” Olimme varttia vaille valmiita evakuoimaan Tanskan valtiollisen sairaalan Rigshospitaletin.
Kööpenhamina

” Sairaalan elintärkeät laitteistot ovat kellarissa. Tulvat aiheuttavat huolta, sillä ne voivat sulkea sairaalan.
Maastricht

” Metrot ja monet tunnelit tulvivat rankkasateiden aikana ja vedenpuhdistamo on tulva-alueella.
Bryssel

” Koulujen ja sairaaloiden maanalaiset kerrokset tulvivat.
Poznań

Tutkimuksessa haastateltiin kahdeksan Euroopan kaupungin (Bryssel, Glasgow, Helsinki, Kööpenhamina, Maastricht, Poznań, Stavanger ja Tukholma) edustajia, jotta saataisiin syvällisempi käsitys niiden ilmastoon liittyvistä tapahtumista, linjauksista, huolenaiheista ja tulevaisuudensuunnitelmista.

Tulokset osoittavat, millaisia eri tekijöitä on otettava huomioon, kun pyritään lisäämään kriittisen infrastruktuurin häiriönsietokykyä.

On tärkeää tunnistaa infrastruktuurijärjestelmien keskinäinen riippuvuus ja arvioida kerrannaisvaikutuksia järjestelmiä hallinnoivien toimijoiden välisen yhteistyön avulla.

Kaupunkien altistuminen tulville


Haastatteluissa kaupungit ilmoittivat erilaisia syitä siihen, miksi infrastruktuuri altistuu tulville. Kaupunkien tulva-alttiuteen vaikuttavat tietenkin ilmastonmuutos ja äärimmäiset sademäärät lyhyessä ajassa.

Altistumiseen vaikuttavat kuitenkin myös muut tekijät, kuten kaupungistuminen. Monissa Euroopan kaupungeissa pyritään tiivistämään kaupunkirakennetta, joskus kaupungin vihreiden ja sinisten rakenteiden kustannuksella.¹⁰ Lisäksi vanhentunut tai huono infrastruktuuri ja maantieteellinen sijainti ovat sekä politiikka-analyyseissä että haastatteluissa esiin nousseita tekijöitä.

Kaupungin sijainti tekee kaupungista ainutlaatuisen ja tuo mukanaan omat riskinsä, jotka on otettava huomioon. Esimerkiksi Helsinki on maantieteellisen sijaintinsa vuoksi erityisen haavoittuvainen, sillä siellä on suuri yhtäaikaisten rannikotulvien ja rankkasateiden aiheuttamien tulvien riski.

Kaupungin maantieteellistä sijaintia ei voi muuttaa, mutta vesihuoltojärjestelmä ja maaperä voidaan ottaa huomioon kriittisen infrastruktuurin sijoittelussa. Esimerkiksi uuden sairaalan rakentamista kannattaa harkita kukkulalle tulvasangon sijaan. Alankomaissa on hiljattain hyväksytty uusia toimintalinjauksia, joiden tarkoituksena on tehdä aluesuunnittelusta entistä ”maaperä- ja vesiperusteisempaa”. Varmistamalla, että aluesuunnittelussa ja kriittisen infrastruktuurin suunnittelussa otetaan huomioon tiettyjen paikkojen luonnolliset rajoitteet (esim. tulva-alttiit alueet, heikko maaperä, eroosio), vähennetään tarvetta teknisiin ratkaisuihin rakennusvaiheessa.



The background of the slide is a close-up photograph of water ripples. The water is a deep blue color, and the ripples are concentric circles of varying sizes, creating a textured, shimmering effect. The lighting is soft, highlighting the peaks of the ripples.

Infrastruktuuriin kohdistuvien häiriöiden vaikutukset – kerrannais- ja piilovaikutukset

Kerrannaisvaikutukset

Tärkeä syy kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuvien vaikutusten ja niistä aiheutuvien riskien suuruuteen liittyy kerrannaisvaikutuksiin. Infrastruktuurijärjestelmät ovat riippuvaisia toisistaan. Häiriö yhdessä järjestelmässä voi saada muutkin järjestelmät pettämään kuin dominopalikat ketjussa.

Yksi tällainen kerrannaisvaikutuksia aiheuttanut tapahtuma sattui kesällä 2007 Isossa-Britanniassa. Kymmenet tuhannet ihmiset kärsivät pitkäkestoista sähkökatkoista, minkä lisäksi 350 000 ihmistä jäi ilman juomavettä jopa 17 päiväksi.¹⁰ Myös huomattava määrä ihmisiä jäi jumiin liikenneverkoston häiriöiden vuoksi. Siksi yhden järjestelmän häiriönsietokyvyn ymmärtäminen ei riitä. Riippuvuussuhteet

tulisi määritellä selkeästi, jotta järjestelmän häiriöiden vaikutukset voidaan todella ymmärtää.

Vastaajien mukaan kerrannaisvaikutuksille altteimpia ovat seuraavat:

1. liikenne
2. vesijärjestelmät
3. sähkö
4. terveydenhuolto
5. ihmisryhmät, jotka eivät pysty toimimaan itsenäisesti.

Mutta mitä siitä voi seurata, jos jokin näistä pettää tai haavoittuvimmassa asemassa olevat ihmiset ovat pulassa äärimmäisten rankka-

sateiden vuoksi? Alla olevassa kuvassa on esitetty sateista mahdollisesti aiheutuvat kerrannaisvaikutukset.

Politiikka-analyysissämme tutustuimme Glasgow'n kaupunkiin, joka on tutkinut laajasti kerrannaisvaikutuksia ja verkostojen keskinäisiä riippuvuussuhteita. Asiaa kartoitettiin ensin kansallisella tasolla. Nyt kaupunki tekee yhteistyötä muun muassa Edinburghin yliopiston, Scottish Waterin (vesihuolto), SP Energy Networksin (sähköverkko), BT:n (tietoliikenne), SGN:n (kaasu) ja SEPA:n (Skotlannin ympäristönsuojeluvirasto) kanssa ymmärtääkseen keskinäisiä riippuvuuksia. Hankkeessa on tuotu esiin monenlaisia riippuvuuksia maantie-, rautatie-, vesi-, kaasu-, sähkö- ja tietoliikenneinfrastruktuurien välillä. Hankkeen pohjalta alettiin pohtia, miten näihin ongelmiin voitaisiin puuttua.

Kuten oheisessa kuvassa on esitetty, infrastruktuurijärjestelmien toimintahäiriöt vaikuttavat ihmisiin, talouteen ja ympäristöön. Taloudellisten tappioiden osalta tämä voi edetä seuraavasti: Sateet aiheuttavat sähkökatkoja tai, kuten New Yorkissa, metroasemien tulvimista, jolloin kaupungin liikenne pysähtyy, mikä estää merkittävää osaa asukkaista kulkemasta töihin. Tällöin työntekijät eivät pääse työpaikoilleen, mikä aiheuttaa taloudellisia tappioita.



Vuonna 2019 Sweco laski raportissaan ”Riippuvaisia sähköstä: kuinka pitkään selviytyisimme ilman?” kustannuksia, joita sähkökatko aiheuttaisi jo tunnissa.¹¹ Kustannusrakenne vaihtelee tietysti maittain, etenkin kun otetaan huomioon viime vuosien inflaatio. Oletettavasti kustannukset osoittautuvat paljon suuremmiksi, mutta tämä laskelma antaa hyvän yleiskuvan siitä, miten nopeasti kustannukset kasvavat.

Esimerkki kustannuslaskelmasta:

Mitä tunnin sähkökatko maksaisi yrityksille, organisaatioille ja laitoksille?

Sähkökatko 1 000 työntekijän toimistossa	67 000 euroa
Sähkökatko supermarketissa	6 000 euroa
Sähkökatko kauppakeskuksessa	100 000 euroa
Sähkökatko teollisessa tuotantoympäristössä	100 euroa/työntekijä

Sähkökatkon todelliset kustannukset tuntia kohden¹¹

Esimerkiksi syyskuussa 2003 puu kaatui tärkeän sähkölinjan päälle Sveitsissä. Vaikutukset ulottuivat aina Etelä-Italiaan asti ja aiheuttivat yhteensä 1,2 miljardin euron vahingot. Noin 56 miljoonaa ihmistä pääasiassa Italiassa mutta myös Sveitsissä jäi ilman sähköä useiksi tunneiksi.¹²

Valitettavasti useilla kaupungeilla on omakohtaisia kokemuksia kerrannaisvaikutuksista. Seuraavissa esimerkeissä tuodaan esiin useita viimeaikaisia tapahtumia. Haastattelemamme asiantuntijat muistivat nämä hetket kuin eilisen.

Kööpenhamina, heinäkuu 2011

Kööpenhaminassa satoi 15 senttimetriä vettä vain muutamassa tunnissa vuonna 2011.

Tämän kaatosateen seuraukset ihmisille olivat vakavia. Tulva valtasi useita alueita Kööpenhaminassa jättäen alleen koteja, yrityksiä ja julkisia tiloja. Kaupungin infrastruktuuri ja julkiset tilat kärsivät huomattavia vahinkoja.

Myös kriittiset infrastruktuurijärjestelmät kärsivät. Liikenneverkot, mukaan lukien tiet ja julkinen liikenne, häiriintyivät, mikä aiheutti viivästyksiä ja vaikeuksia matkustamisessa; junaliikenne häiriintyi viikoksi. Joillakin alueilla oli laitevioista johtuvia sähkökatkoksia ja vettä pääsi sähköjärjestelmiin. Sähköt katkesivat 10 000 kotitaloudesta jopa 12 tunniksi ja 50 000 kotitaloutta oli ilman lämmitystä ja kuumaa vettä jopa viikon ajan. Nämä palvelut muodostavat selkärangan kaupungin kyvyille toimia turvallisesti. Ilman sähköä liiketoiminta, liikenne ja elämä itsessään pysähtyivät.

Kööpenhaminan hätäkeskuspalvelut sijaitsivat tuolloin kellarikerroksessa. Viime hetkellä kaikki palvelimet oli nostettava kuormalavoille, jotta välttyttäisiin rikkoutumisilta. Lisäksi ne olivat 15 minuutin päässä Rigshospitalet-sairaalaan, joka oli evakuoimassa potilaita toiseen sairaalaan.

Vaikutusten hahmottamiseksi on syytä tarkastella tarkemmin, mitä tapahtuu, kun sairaala joutuu tulvan valtaan. Vaikutusten laajuus voi vaihdella sijainnin mukaan. Vain muutama senttimetri vettä voi aiheuttaa sen, että normaalit vesi-, sähkö- ja ruokahuollon järjestelyt lakkaavat toimimasta. Sairaaloissa on yleensä varajärjestelyt sähkökatkojen varalta, mutta jos juomavettä ei ole saatavilla, sairaala on evakuoitava. Jos lähiympäristön tiet vahingoittuvat tulvassa, sairaalan on hyvin vaikea hoitaa potilaita, ylläpitää päivittäistä ruokahuoltoa ja toimittaa lääkkeitä. Lisäksi tulva saattaa estää potilaita pääsemästä lähimpään sairaalaan.



” Kööpenhaminan hätäkeskuksen palvelimet sijaitsivat kellarikerroksessa vuonna 2011. Viime hetkellä saimme palvelimet nostettua kuormalavoille ja varmistimme, etteivät ne hajoa.

Kööpenhaminassa on vuodesta 2011 lähtien toteutettu laajamittaisia toimenpiteitä, joilla varaudutaan tuleviin rankkasateisiin sinivihreän verkoston ja luontopohjaisten rakenteiden avulla. Tuolloin vain kolme työntekijää työskenteli tämän asian parissa, mutta nyt rankkasadesuunnitelmaa työstää 55 henkilöä. He ovat nyt selvittäneet, miten ja missä toimenpiteisiin on ryhdyttävä.

Poznań, kesäkuu 2021

Puolan Poznańissa 22.6.2021 satoi erittäin rankasti, minkä vuoksi monet kaupungin päätiet tulvivat ja niiden ylittäminen oli mahdotonta.

Puolan Poznańissa koettiin 22.6.2021 poikkeuksellinen rankkasade, jonka voimakkuus oli 79,6 millimetriä yhden päivän aikana ja josta 90 prosenttia satoi 1,5 tunnin aikana. Tämän seurauksena monet kaupungin alueet tulvivat ja kaupunki lamaantui noin 5–7 tunniksi.

Useat kaupungin päätiet tulvivat, minkä vuoksi niiden ylittäminen oli mahdotonta. Lisäksi monet maasiltojen alapuoliset kulkuväylät tulvivat, esimerkiksi Kobylepole- ja Podwale-maasiltojen kohdalla. Tämä johti merkittäviin kulkuyhteysongelmiin erityisesti autoliikenteessä sekä julkisessa liikenteessä tulvien vallatessa raitiotiekiskoja.

Lisäksi tulvan valtaan joutui kunnallisia laitoksia, kuten sairaaloita ja kouluja. Erityisen alttiita olivat laitokset, joissa osa tiloista oli kellarikerroksessa. Myös maanpinnan alapuolella sijaitsevissa yksityistiloissa ja parkkihalleissa tulvi. Hule- ja jätevesiä yhdistävien vanhanaikaisten sekaviemäriverkostojen kautta maanteille ja jalkakäytävälle joutuneet epäpuhtaudet vaikuttivat Poznańin liikenteeseen, sillä kaupunki joutui sulkemaan teitä korjaus- ja puhdistustöiden ajaksi. Sekaviemäröinnin vuoksi verkoston tulviminen johti siihen, että huleveden mukana ympäristöön kulkeutui runsaasti jäteveden epäpuhtauksia.

Sateiden voimakkuus yllätti kaikki palvelut ja vaikutti kuntaorganisaatioon. Rankkasateen tapahtumapäivänä kunnalliset palvelut tekivät väsymättä töitä minimoidakseen sateen vaikutukset. Tapahtuman jälkeisinä viikkoina tarvittiin lisätoimia vahinkojen



siivoamiseksi ja korjaamiseksi. Lisäksi kaupungilla oli vastassaan monia ihmisiä ja laitoksia, jotka hakevat korvauksia tulvien aiheuttamista vahingoista.

Kaupunki keskittyy jo nyt rakentamaan vankempaa sinivihreää rakennetta vähentääkseen alttiuttaan sateiden aiheuttamille tulville (veden pidätysaltaiden ja vesistöjen kunnossapito ja jälleenrakentaminen sekä useampien paikallisten pienimuotoisten imeytysalueiden luominen).

” Hiljattain rakennetun koulun katto romahti. Kaikki lapset evakuoitiin ennen katon romahtamista, joten kukaan ei loukkaantunut.

Maastricht, heinäkuu 2021 ja syyskuu 2023

Runsas ja hitaasti etenevä rankkasade-rintama iski Maastrichtin kaupunkiin Alankomaissa heinäkuussa 2021 ja uudelleen syyskuussa 2023. Äärimmäiset sääilmiöt aiheuttivat runsaasti vahinkoja ja häiriöitä.

Maastrichtissa vuonna 2021 ensisijainen huolenaihe olivat kaupungin lounaisosan asuntojen tulvivat kellarit. Maastricht ei kuitenkaan ollut tulvien pahin tuhoalue. Sen kriittinen infrastruktuuri ei kärsinyt suuria vahinkoja, koska sateet satoivat pitkällä aikavälillä ja vesijohtoverkko pystyi selviytymään niistä. Suuren Maas-joen pelättiin mahdollisesti tulvivan, minkä vuoksi 10 000 ihmistä evakuoitiin alueelta.

Äärimmäiset rankkasateet johtivat jälleen 12.9.2023 tulviin, joiden seurauksena katuja tulvi muun muassa Maastrichtissa, Geleenissä ja Valkenburgissa. Paikallislehden mukaan asukkaat olivat järkyttyneitä veden määrästä. Maastrichtin asemahalli ja useiden koulujen kellarikerrokset tulvivat, mistä aiheutui vesivahinkoja. Tulvien vuoksi tietyt Eindhovenin suuntaan kulkevan A2-moottoritien osuudet suljettiin väliaikaisesti.

Lisäksi A76-moottoritie Aachenin suuntaan suljettiin Geleenin läheltä ylivuotojen vuoksi ja myös useita paikallisteitä suljettiin. Jopa Maastrichtin UMC-sairaalan kellarikerros tulvi, mutta vahingot jäivät vähäisiksi eikä tulva aiheuttanut ongelmia terveydenhuollon toiminnalle.¹³

Maastrichtin esimerkki osoittaa, että sateen tarkka sijainti, kesto ja määrä voivat vaikuttaa ratkaisevasti kriittisen infrastruktuurin häiriöiden laajuuteen.



” On tulvan kokeneita ihmisiä, jotka tarkistavat sadetutkan joka tunti, kun sade on tulossa.

Swecon tekemien haastattelujen yhtenä johtopäätöksenä on, että on ensiarvoisen tärkeää jakaa näitä tapahtumia kokeneiden ihmisten tarinoita. Se auttaa meitä ymmärtämään aiemmin mahdottomina pidettyjen äärimmäisten rankkasateiden seurauksena tapahtuvia prosesseja.

Näiden tarinoiden jakamisessa ei ole kyse varautumisen puutteen tuomitsemisesta. Ihmisten voi olla hyvin vaikea ymmärtää pahinta mahdollista skenaariota ja ennakoita mahdollisia kerrannaisvaikutuksia. Siksi kokemusten jakaminen on tärkeää. Swecon asiantuntijat olivat vaikuttuneita siitä, että nämä ihmiset ja kaupunkien asiantuntijat olivat halukkaita jakamaan kokemuksiaan auttaakseen muita kaupunkia valmistautumaan tehokkaammin tällaisiin tilanteisiin.

Kansalaisiin kohdistuvat piilovaikutukset

Sateiden aiheuttamien tulvien aikana infrastruktuurin häiriöt voivat vaikuttaa ihmisiin monin eri tavoin. Infrastruktuurille tai esimerkiksi koulujen kaltaisille rakennuksille aiheutuneet vahingot tai metrolinjakenteen katkeaminen ovat selkeästi nähtävissä, ja niiden aiheuttamat taloudelliset menetykset ovat usein nopeasti mitattavissa.

Psyykkisiä vahinkoja on kuitenkin vaikeampi havaita. Haastatteluissa kaupunkien edustajat, jotka olivat kokeneet tällaisia katastrofeja, toivat esiin, että tämä näkökohta jätetään usein huomiotta.

Eräs Maastrichtin edustaja vahvisti, että henkistä kuormitusta voi aiheutua ja että ihmiset ovat tietoisia siitä, että heidän kotinsa, kiinteistönsä ja lähiympäristönsä ovat haavoittuvia. ”Vaikutusta ihmisten psyykeen aliarvioidaan. Jotkut ihmiset tarkistavat säätutkan joka tunti, koska pelkäävät olevansa haavoittuvaisia.”

Piilovaikutus on se, että monet ihmiset kärsivät pitkittyneestä stressistä jokaisen uuden sateen yhteydessä. Yhteenvetona voidaan todeta, että äärimmäiset rankkasateet ja niistä johtuvat tulvat voivat vaikuttaa yksilöihin Maslow'n tarvehierarkian useilla tasoilla.¹⁴ Nämä luonnonmullistukset vaarantavat ihmisten perustarpeet sekä turvallisuuden, vakauden ja hyvinvoinnin tunteet. Kun sosiaalinen infrastruktuuri kärsii, seuraukset voivat olla vakavia, koska tämä voi vaarantaa ihmisten fysiologiset ja turvallisuustarpeet. Tämä pätee erityisesti koulujen, sairaaloiden, vanhainkotien ja vankiloiden kaltaisiin laitoksiin, joissa hoidetaan ihmisiä, jotka eivät pysty toimimaan itsenäisesti tai ilman apua. Kun tällaisten laitosten toiminta häiriintyy, pelastuspalvelujen on tehostettava toimintaansa merkittävästi. Eikä resursseja laajamittaisesti evakuoiteihin välttämättä ole saatavilla ajoissa.

Myös pidempiaikaiset vaikutukset olisi otettava huomioon. Tulvan jälkeen ihmiset ovat huolissaan tulvan mahdollisesta toistumisesta ja yhteisönsä turvallisuudesta. Tämä voi johtaa jatkuvaan pelkoon ja stressiin jopa normaalien sateiden aikana.



Merkille pantavaa on, että kriittisen infrastruktuurin häiriöiden ihmisiin vaikuttamiseen, kuten henkisiin ja sosiaalisiin vahinkoihin, ei useinkaan kiinnitetä riittävästi huomiota toimintalinjauksissa ja joskus ne jätetään kokonaan huomiotta. Kotien ja infrastruktuurin jälleenrakentamisen lisäksi kaupungin täysipainoisen toiminnan kannalta on olennaista kiinnittää huomiota myös ihmisten henkiseen kestävytyteen.

Johtopäätökset ja keskeiset havainnot



Mitkä ovat selvityksen tärkeimmät havainnot?

Kaupunki-infrastruktuurin häiriönsietokykyyn kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Ja syystäkin, sillä häiriöllä voi olla vakavia seurauksia. Selvityksemme perusteella tärkeimmät näkemykset, jotka kaupunkien päättäjien ja projektipäälliköiden tulisi mielestämme ottaa huomioon työssään:

- **Alltiuden lisäksi tulee tutkia myös haavoittuvuutta ja kriittisen infrastruktuurin häiriöiden vaikutuksia.**
Ilmatoriskien arvioinneissa kaupunkien tulisi tutkia myös kriittistä infraomaisuutta, -järjestelmiä ja -verkostoja. Kaupungit arvioivat nykyään ilmatoriskejä yleensä aluekohtaisesti, jolloin tarkastellaan, voivatko järjestelmät altistua tulville. Luotettava riskinarviointi edellyttää kuitenkin laajempaa tuntemusta ja tietoa itse infraomaisuuden tai elintärkeän järjestelmän haavoittuvuudesta. Usein muuntamon tai sairaalan todellinen riskitaso riippuu siitä, mihin ja miten se on rakennettu. Onko se rakennettu korkealle paikalle, ovatko ovet vesitiiviit ja sijaitsevatko sähkölaitteistot kellarissa tai ensimmäisessä kerroksessa? Esimerkiksi 30 senttimetrin sademäärä on ongelma joillekin sairaaloille, mutta ei kaikille. Tämä kuitenkin tekee analyysistä monimutkaisempaa. Vesihuolosta vastaavat tahot eivät voi tehdä tätä analyysia yksin, sillä siinä tarvitaan tietoa paitsi mahdollisten tulvien sijainnista ja syvyydestä myös infrastruktuurin haavoittuvuudesta.
- **Kerrannaisvaikutuksia tulee tutkia.**
Infrastruktuurijärjestelmät ovat riippuvaisia toisistaan, joten yhden järjestelmän pettäminen voi aiheuttaa muidenkin järjestelmien pettämisen. Näillä kerrannaisvaikutuksilla voi olla odottamattomia ja vakavia yhteiskunnallisia seurauksia. Kerrannaisvaikutusten tutkiminen edellyttää kaikkien haavoittuvaa infrastruktuuria ylläpitävien virastojen ja yritysten tietojen yhdistämistä. Tärkeä ensimmäinen askel on, että nämä organisaatiot arvioivat omien hyödykkeidensä haavoittuvuutta ja äärimmäisten rankkasateiden vaikutusta niihin. Kun organisaatioilla on käsitys omiin järjestelmiinsä tai rakenteisiinsa kohdistuvista riskeistä, tuloksia voidaan yhdistää ja kerrannaisvaikutuksia voidaan tutkia ja käsitellä yhdessä. Miltei yksikään tämän raportin kaupungeista ei ollut tutkinut kerrannaisvaikutuksia perusteellisesti.



- **Sekä tekniseen että sosiaaliseen infrastruktuuriin kohdistuvia riskejä tulee arvioida.**

Häiriönsietokyvyn lisäämiseksi kaupungit keskittyvät usein sellaisen teknisen infrastruktuurin häiriöiden ehkäisemiseen, jota kaupunki itse hallinnoi (ainakin osittain). Sosiaalisen infrastruktuurin peittämisellä on kuitenkin usein hyvin suoria ja kauaskantoisia seurauksia. Jos rankkasade vahingoittaa esimerkiksi vanhainkotiä, sairaalaa, vankilaa tai eläintarhaa, seuraukset ovat merkittävät ja vaativat pelastuspalveluiden laajamittaista käyttöä.

- **Katastrofiriskien hallintaa tulee vahvistaa ja asettaa selkeät ja toimintaan tähtäävät tavoitteet.**

Kunkin toimialan riskien ja mahdollisten toimenpiteiden arvioinnin perusteella tulisi laatia toimintaan tähtäävät tavoitteet kunkin organisaation vastuualueiden mukaisesti. Ilmatoriskeitä ei ole mahdollista suojautua sataprosenttisesti. Mutta mikä on hyväksyttävä riskitaso? Entä mikä on hyväksyttävä investoinnin määrä riskien vähentämiseksi? Kyseessä on viime kädessä poliittinen päätös. On tärkeää ymmärtää, että kaikkia järjestelmiä ei tarvitse suojata yhtä huolellisesti. Lisäksi riskianalyysin monimutkaisuuden vuoksi on hyväksyttävä tietty epävarmuuden taso, jotta voidaan edetä. Häiriönsietokykyä voidaan lisätä rakenteellisilla toimenpiteillä ja tekemällä järjestelmistä kestävämpiä. Muita valmiuksia ei kuitenkaan pidä unohtaa. Strategiaan tulisi sisällyttää hätäapuvalmiudet sekä valmiudet korjata ja vaihtaa komponentteja nopeasti.

- **On luotava järjestelmien välisiä synergioita.**

Häiriönsietokykyisten järjestelmien luomisessa voidaan keskittyä 1) vähentämään altistumista ilmastouhille, 2) lieventämään haavoittuvuutta tai 3) rajoittamaan vaikutuksia. Kun ryhdytään toimiin yksittäisen infraomaisuuden tai -rakenteen haavoittuvuuden vähentämiseksi, toimet voidaan yhdistää muihin järjestelmien tasolla toteutettaviin toimenpiteisiin, jolloin voidaan samanaikaisesti puuttua useisiin ongelmiin. Sähkötekniikan ja mekaanisten osien käyttöikä on usein noin 25 vuotta. Rakennukset kestävät paljon kauemmin: 50–100 vuotta tai pitempään. Toimiin ryhtymisen silloin, kun osat on joka tapauksessa vaihdettava, on paljon halvempaa kuin sen tekeminen aiemmin. Tämä lisää huomattavasti toimenpiteiden kustannus-hyötysuhdetta. Lisäksi tulevana vuosina investoidaan energiamurroksen edistämiseksi suuria summia uuteen infrastruktuuriin, kuten sähköinfrastruktuuriin. Tämä on ainutkertainen tilaisuus hoitaa asiat kuntoon rakentamalla uutta infrastruktuuria alusta alkaen uusien, ilmastokestävien standardien mukaisesti.

- **Häiriönsietokyvyn perusta on oikean rakennuspaikan valinta.**

Rakennuspaikka tai järjestelmän sijainti tulee valita niin, että alttius mahdollisille äärimmäisille rankkasateille on vähäinen. On paljon helpompaa ja halvempaa varmistaa kriittisen infrastruktuurin ilmastokestävyys paikassa, joka ei ole alttiina vaaroille. Muuntamon tai datakeskuksen rakentaminen korkealle paikalle on ilmastokestävämpää ja usein myös halvempaa kuin rakennuksen vesitiiviiden varmistaminen teknisin toimenpitein. Kun olemassa olevaa infrastruktuuria on päivitettävä tai korvattava, kannattaa myös harkita rakennuksen siirtämistä muualle. Tämä voi olla hyvä keino lisätä häiriönsietokykyä.

- **Uudelle infrastruktuurille tulee asettaa toiminnalliset vaatimukset.**

CER-direktiivissä mainitaan jo 11 kriittisen infrastruktuurin toimialaa. Kullakin näistä toimialoista on useita erilaisia omaisuksia, järjestelmiä tai rakenteita, jotka muodostavat kriittisen infrastruktuurin. Näin ollen kaikille kohteille on mahdotonta asettaa yhtä ja samaa häiriönsietokyvyn standardia. Standardeja kuitenkin tarvitaan uusia alueita kehitettäessä. Suosittelemme, että asiantuntijat laativat kullekin infrastruktuurityypille ilmastomuutokseen liittyvät toiminnalliset vaatimukset. Alankomaissa luotiin puitteet ilmastomuutokseen sopeutuvalle ja vihreälle kaupunkikehitykselle, johon sisältyi joitakin kriittistä infrastruktuuria koskevia standardeja. Sweco on parhaillaan mukana kehittämässä tarkempia standardeja kullekin toimialalle.

- **Piilovaikutukset tulee huomioida.**

Merkille pantavaa on, että kriittisen infrastruktuurin häiriöiden inhimillisiin vaikutuksiin, kuten henkiseen kuormittavuuteen, ei juurikaan kiinnitetä huomiota toimintalinjauksissa, ja joskus ne jätetään kokonaan huomiotta. Jos henkilö on kerran kärsinyt vakavasti tulvan seurauksena, pelko uudesta tulvasta voi aiheuttaa merkittävää stressiä ja ahdistusta. Kotien ja infrastruktuurin jälleenrakentamisen lisäksi kaupungin täysipainoisen toiminnan kannalta on olennaista kiinnittää huomiota myös ihmisten henkiseen kestävyyskykyyn.



Suosituksset

Häiriönsietokyvyn rakentaminen on
kaksisuuntainen tie



Kuinka parantaa häiriön-sietokykyä suunnittelun avulla?

Nyt kun meillä on tietoa, miten voimme parhaiten ryhtyä toimiin? CER-direktiivi ohjaa kohti häiriönsietokykyisempää kriittistä infrastruktuuria. Vuoteen 2026 mennessä kaikilla mailla tulisi olla strategia kriittisten toimijoiden häiriönsietokyvyn parantamiseksi. CER-direktiivin täytäntöönpano on ratkaiseva edistysaskel kohti häiriönsietokykyisen kriittisen infrastruktuurin hallinnon järjestämistä. Paremman häiriönsietokyvyn saavuttamiseksi on kuitenkin ryhdyttävä toimiin useilla eri tasoilla. Myös kaupungeilla on tässä oma roolinsa.

Asiaa vaikeuttaa se, että lukuisat kriittistä infrastruktuuria – esimerkiksi metroa, sähköverkkoa tai kriittistä vesihuoltoinfrastruktuuria – hallinnoivat laitokset ja yritykset näkevät vain osan kokonaisuudesta. Niinpä häiriönsietokyvyn parantaminen edellyttää sekä näiden tahojen omaa riskien ja toimien arviointia että eri tasojen koordinoitua hallituksen taholta.

Kriittisen infrastruktuurin häiriönsietokyvyn parantaminen voi monimutkaisuudessaan vaikuttaa uuvuttavalta tehtävältä. Se vaatii paljon erityisosaamista ja todellista monialaisuutta:

- **Sateiden aiheuttamille tulville altistumisen arviointi** edellyttää yksityiskohtaisten hydrologisten mallien laatimista ja ilmastoskenaarioihin perustuvien sademäärätietojen syöttämistä niihin.
- **Haavoittuvuuden arviointi** edellyttää toimialakohtaista tietämystä siitä, mikä on kriittistä järjestelmän toiminnan kannalta. Esimerkiksi, mitä kaikkea tietoa tarvitaan sairaalan rakenteen ymmärtämiseen kaikkine sähkö-, happi- ja juomavesijärjestelmineen sekä erityisvaatimuksineen esimerkiksi ensiapu- ja tehohoitoyksiköiden toiminnalle? Tai mitä vaatii metroaseman toiminnan ymmärtäminen? Kuinka paljon vettä saa päästä sisään ennen kuin aseman käyttö muuttuu vaaralliseksi?
- **Vaikutusten arviointi** edellyttää häiriöiden inhimillisten vaikutusten ymmärtämistä. Keihin vaikutukset kohdistuvat ja kuinka vakavia

Lähtökohdat ja vastualueet sekä toimialakohtaisesti että kaupunkitasolla



Toimiala – omaisuuden ja järjestelmien hallinnan taso

- Laaditaan luettelo kriittisistä infrastruktuureista
- Arvioidaan riskeille altistuminen
- Arvioidaan infrastruktuurin haavoittuvuus
- Arvioidaan riskien vaikutukset
- Asetetaan tavoitteet: mikä on hyväksyttävä taso?
- Sisällytetään toimenpiteet hyödykkeiden hallintaan

Integrointi – kaupunkitaso

- Tunnistetaan kaupungin kriittinen infrastruktuuri
- Annetaan tietoa vaaroille altistumisesta
- Edistetään kriittisen infrastruktuurin ylläpitäjien omia riskinarvioiteja
- Kootaan toimialakohtaiset tiedot yhteen kerrannaisvaikutusten tutkimiseksi
- Kehitetään toimintalinjauksia ja standardeja kriittistä infrastruktuuria varten uudisrakennusalueilla
- Otetaan kriittinen infrastruktuuri huomioon kaavoitussuunnitelmissa
- Laaditaan suunnitelma, josta käy ilmi, mitä lisätutkimuksia tarvitaan
- Ryhdytään toimiin vaaroille altistumisen suhteen

seuraukset ovat? Se edellyttää myös häiriöiden ympäristövaikutusten ymmärtämistä. Kun vedenpuhdistamo lakkaa toimimasta, käsittelemätön jätevesi voi päätyä kaduille ja aiheuttaa terveysongelmia, mutta se voi myös vahingoittaa herkkää luontoa. Lisäksi häiriöiden taloudellisten vaikutusten arviointi voi olla olennaista. Kuinka paljon taloudellista vahinkoa aiheutuu sähkökatkoista, teiden katkeamisesta tai junien seisahtumisesta?

Niinpä yhden toimialan riskien arviointi on monialainen tehtävä. Näiden analyysien yhdistäminen kerrannaisvaikutusten tunnistamiseksi on seuraava haaste, joka edellyttää kaupungin tai kaupunkialueen johtajuutta. Altistumisanalyysin tekee yleensä kaupunki. Kaupunki voi kannustaa toimialoja käyttämään näitä tietoja riskien arviointiin

ja ottaa ohjat käsiinsä näiden analyysien suunnittelussa ja yhdistämisessä.

Kehotammekin kaupungeja ja kuntia aloittamaan lähestymällä ennakoivasti toimialoja, joita asia koskee. Nykyisten tietojen ja tietämyksen perusteella voidaan ryhtyä arvokkaisiin toimiin ja tunnistaa tietojen ja tietämyksen puutteet. Kun sekä eri alojen toimijat että valtion elimet ottavat vastuuta ja panostavat vuorovaikutukseen, riskinarvioinneista tulee tarkempia. Näin häiriönsietokykyyn tehtävistä investoinneista saadaan tehokkaampia. Pitäisikö esimerkiksi investoida altistumisen vähentämiseen? Vai olisiko tehokkaampaa investoida järjestelmätason toimenpiteisiin?

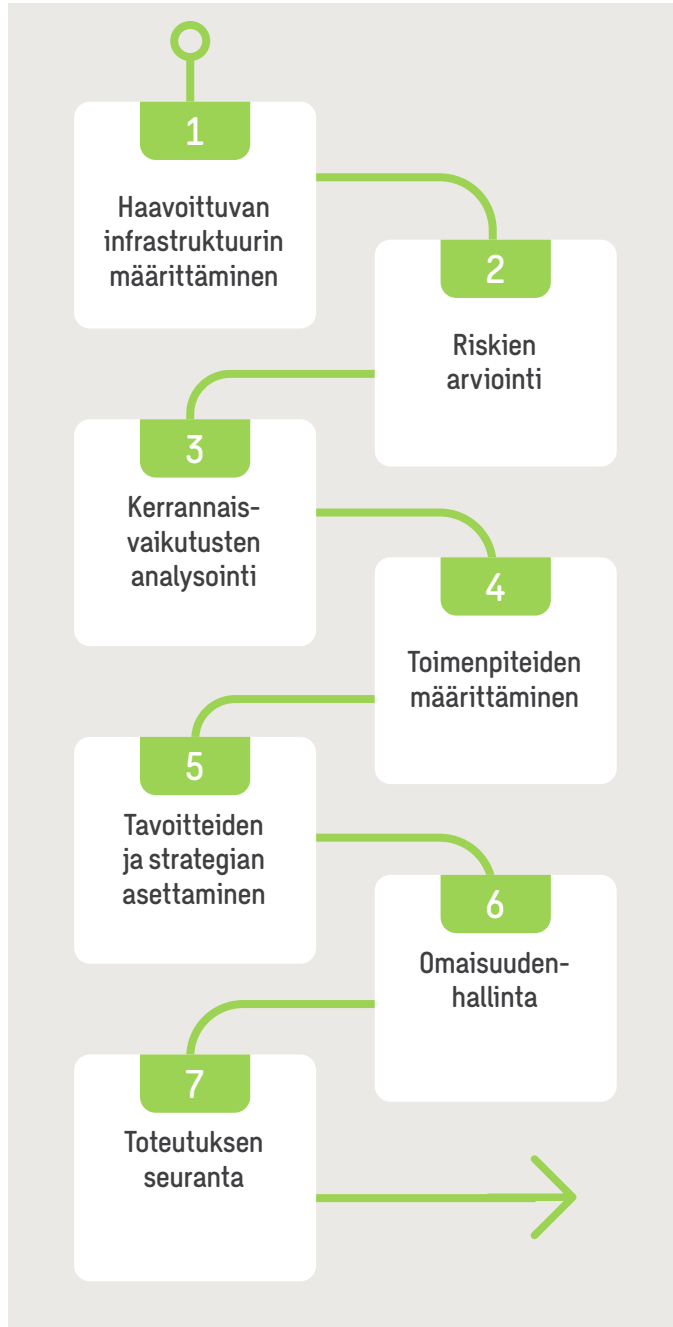
Mitä seuraavaksi?

Me Swecolla olemme oppineet hankkeistamme, että häiriönsietokyvyn kehittäminen on iteratiivinen prosessi. Kaupunki muuttuu jatkuvasti, joten myös vaarat muuttuvat. Lisäksi ymmärryksemme ilmastonmuutoksesta kehittyy. IPCC julkaisee säännöllisesti uusia ilmastoskenaarioita, ja suuri osa vaaroja koskevasta tutkimuksesta perustuu näihin skenaarioihin, joten sitäkin päivitetään niiden myötä. Nämä kaikki ovat hyviä syitä arvioida riskejä ja päivittää toimenpiteitä säännöllisesti. Prosessin jokainen iteraatio tuottaa lisää tietoa ja näkemyksiä, joiden avulla voidaan paremmin tukea kriittisen infrastruktuurin häiriönsietokykyä koskevia investointipäätöksiä.

Elintärkeän infrastruktuurin häiriönsietokyvyn parantaminen edellyttää päätöksentekoa epävarmuuden keskellä. Hallittava järjestelmä on monimutkainen, ja mahdollisia ilmastoskenaarioita on loputtomasti. Siksi tärkeimpänä neuvonamme kehoitamme aloittamaan analyysin mutta ymmärtämään myös, että pelkät riskianalyysit ja -arvioinnit eivät suinkaan riitä, vaan muitakin toimia tarvitaan. Tämä prosessi voidaan toteuttaa alla esitettyjen vaiheiden mukaisesti.



Toimenpidevinkit – 7 askelta kohti häiriönsietokykyistä infrastruktuuria



1 Kansallisella tasolla maiden tulisi arvioida, mitä kriittisiä toimijoita niillä on ja mitä kriittistä infrastruktuuria ne hallinnoivat. Kaupunkien tulisi varmistaa, että tietävät, missä nämä kriittiset infrastruktuurit sijaitsevat sekä arvioida, mitkä infrastruktuurit eivät ehkä ole kriittisiä kansallisella tasolla, mutta ovat paikallisesti huomionarvoisia.

2 Kunkin toimialan tulisi tehdä oma riskinarviointinsa, jossa tarkastellaan 1) altistumista ilmastouhille, 2) järjestelmien haavoittuvuutta ja 3) järjestelmien toimintahäiriöiden vaikutuksia. Kaupunki voi auttaa tarjoamalla tietoja altistumisesta sekä standardoituja menetelmiä riskien arvioimiseksi. Tämä edistää myös vertailukelpoisuutta.

3 Kun toimialakohtaiset riskinarvioinnit on tehty, järjestelmien välistä vuorovaikutusta voidaan analysoida järjestelmätasolla kerrannaisvaikutusten ja niiden seurausten arvioimiseksi. Tämä voidaan tehdä yleisellä laadullisella tasolla työstuntojen aikana. Jos mahdollisia vuorovaikutussuhteita tunnustetaan ja niitä pidetään merkittävänä, voidaan tehdä teknisesti tarkempia tutkimuksia, joissa tarkastellaan tiettyjä skenaarioita. Näiden tietojen avulla järjestelmät voidaan luokitella niihin liittyvien riskien perusteella.

4 Seuraavaksi kullakin toimialalla tulisi arvioida mahdollisia toimenpiteitä, joilla voidaan suojella riskialttiiksi todettuja järjestelmiä ja rakenteita. Tässä yhteydessä on helppo nähdä, että riskien lieventämiseen vaadittavat investoinnit voivat vaihdella suuresti. Esimerkiksi yksi tuhannen euron hintainen vesitiivis ovi voi joissakin tapauksissa estää koko järjestelmän vikaantumisen ja kaikki siihen liittyvät riskit. Sen sijaan joissakin tapauksissa häiriöt voidaan estää vain siirtämällä järjestelmä tai rakennus kokonaan uuteen paikkaan, mikä maksaa miljoonia euroja. Kuten edellä mainittiin, toimenpiteen ajoituksella voi myös olla ratkaiseva merkitys.

5 Kun ymmärretään sekä riskit että mahdolliset toimenpiteet ja niiden kustannukset, voidaan asettaa tavoitteita. Itse hallinnoimien järjestelmien osalta kaupunki voi itse päättää hyväksyttävästä riskitasosta ja häiriönsietokyvyn parantamiseen tähtäävästä strategiasta. Toisaalta on toimialoja, joihin kaupungeilla on vain rajallinen vaikutusvalta. Kaupunkien tulisi kuitenkin osallistua prosessiin, koska ne voivat vaikuttaa järjestelmien ja rakenteiden altistumiseen vesienhallintatoimenpiteiden avulla. Lisäksi ne voivat asettaa rakennus- ja kaavoitusmääräyksiä, joilla pyritään vähentämään vielä rakentamattomien järjestelmien haavoittuvuutta.

6 Kun tavoitteet on asetettu, voidaan laatia yksityiskohtaisemmat toimenpiteet. Tämä on myös hyvä hetki selvittää, miten toimenpiteet voidaan integroida omaisuudenhallintasykliin ja missä on mahdollista saavuttaa yhteisvaikutuksia muiden toimenpiteiden kanssa.

7 Kullekin toimialalle tulisi perustaa seuranta- ja raportointijärjestelmä edistymisen seuraamiseksi. Tämä edellyttää niiden toimenpiteiden kirjaamista, mitkä häiriönsietokyvyn lisäämiseksi on toteutettu. Lisäksi riskinarvioinnit tulisi päivittää säännöllisesti, esimerkiksi 4–6 vuoden välein. Tämä käsittää maankäytön tai ilmastoskenaarioiden muutokset, jotka voivat vaikuttaa altistumiseen, ja siihen olisi sisällytettävä haavoittuvuuteen vaikuttavat toimenpiteet.

Raportin kirjoittajat

Ota yhteyttä, jos sinulla on kysymyksiä tai ajatuksia. Sähköposti: urbaninsight@swecogroup.com



MARTIJN STEENSTRA on vanhempi vesihuollon ja kaupunkisuunnittelun konsultti Swecon kaupunkisuunnittelu- ja ympäristöosastolla Alankomaissa. Martijnilla on maankäytön suunnittelun tutkinto Wageningenin yliopistosta (Wageningen University & Research, WUR). Vuonna 2020 Martijn toimi Swecon Urban Insight -ohjelman asiantuntijaohjohtajana. Hän johti kuuden ilmastonmuutokseen sopeutumista ja sen lieventämistä koskevan Urban Insight -selvityksen toteutusta. Martijn on mukana kriittisen infrastruktuurin ilmatoriskien arviointihankkeissa. Hän työskentelee kriittistä infrastruktuuria ja laajempaa ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevien strategioiden ja toteutusohjelmien luomiseksi.



JEROEN VAN EEKELEN on ilmatoriskien ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen asiantuntija Swecon kaupunkisuunnittelu- ja ympäristöosastolla Alankomaissa. Hänellä on tutkinto kansainvälisen maankäytön ja vesienhoidon alalta Wageningenin yliopistosta (Wageningen University & Research, WUR). Jeroen toimii konsulttina ilmastonmuutokseen sopeutumisen, vesiturvallisuuden ja aluekehityksen aloilla. Hän kehitti ilmastonmuutokseen sopeutuvien rakennusten viitekehityksen, joka tarjoaa menetelmän fyysisten ilmatoriskien määrittämiseksi rakennustasolla.



ENRICO MOENS on ohjelmapäällikkö ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen vanhempi asiantuntija Swecon kaupunkisuunnittelu- ja ympäristöosastolla Alankomaissa. Hänellä on tutkinto maankäytön ja vesienhoidon alalta Wageningenin yliopistosta (Wageningen University & Research, WUR). Enrico oli keskeinen jäsen Alankomaiden vesienhallintaa sekä ilmastonmuutosta ja aluesuunnittelua koskevissa kansallisissa osaamisohjelmissa. Hän oli yksi Rotterdam Centre for Resilient Delta Citiesin (RDC) perustajista. RDC on julkisen ja yksityisen sektorin sekä tutkimuslaitosten muodostama kolmikantainen verkosto.



FIEKE VAN LEEST on työskennellyt kestävien siirtymien ohjelmapäällikkönä Swecon kaupunkisuunnittelu- ja ympäristöosastolla Alankomaissa. Hän on valmistunut aluesuunnittelijaksi Utrechtin yliopistosta. Hän työskenteli Urban Insightin ohjelmapäällikkönä Alankomaissa ja Urban Insight -ohjelman valmentajana Sweco-konsernissa.



RENSKE HUIBERTS työskentelee suunnittelijana Swecon kaupunkisuunnittelu- ja ympäristöosastolla Alankomaissa. Hänellä on tutkinto kaupunkiympäristön hallinnasta Wageningenin yliopistosta (Wageningen University & Research, WUR). Hän on erityisen kiinnostunut kaupunkisuunnittelusta ja ilmastonmuutokseen sopeutumisesta sekä ympäristövaikutusten arvioinnista.

Erityiskiitokset

HAASTATELLUT ASIAANTUNTIJAT

Antoine Michaël	– hydrologinen insinööri, Bryssel
Jan Rasmussen	– projektipäällikkö ja ympäristöinsinööri, Kööpenhaminan kaupunki
Sari Jurmo	– maisema-arkkitehti, Helsinki
Gerard Wijnands	– poliittinen työntekijä, kulttuuriperintö ja alueellinen laatu, Maastrichtin kunta
Gaye McKay	– johtaja, Tuil Solutions, Glasgow
Szymon Dolata	– maankäyttöpäällikkö, Poznańin seutu
Hugo Kind	– turvallisuuden ja hätävalmiuden asiantuntija, Stavanger
Jonas Althage	– rankkasadestrategi, Tukholman kaupunki

SWECON KOLLEGAT

Séverine Hermand	– hankejohtaja, Climate Resilience Planning, Sweco Belgium
Florence Vannoorbeeck	– hankejohtaja, Climate Resilience Planning, Sweco Belgium
Anton Broholm	– viestinnän asiantuntija, Sweco Denmark
Kristian Vilstrup	– tiimipäällikkö, Water and Climate, Sweco Denmark
Hanna-Leena Ventin	– hulevesikonsultti, Sweco Finland
Geraldine Angus	– operatiivinen päällikkö, Sweco UK
Patryk Nowicki	– alue- ja hulevesianalyysointiasiantuntija, Sweco Poland
Erle Kristvik	– ympäristö- ja kestävyyskonsultti, Sweco Norway
Øystein Rapp	– vanhempi vesi- ja ympäristökonsultti, Sweco Norway
Mattias Salomonsson	– kehityspäällikkö, vesi, Sweco Sweden

Lähteet

- 1) KNMI. 23.8.2021. Kans op zware regenval zoals op 13 en 14 juli neemt verder toe door klimaatverandering. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/kans-op-zware-regenval-zoals-op-13-en-14-juli-neemt-verder-toe-door-klimaatverandering>
- 2) EEA. (2021). Wet and dry — heavy precipitation and river floods. Europe's changing climate hazards – an index-based, interactive EEA report
- 3) Van Laarhoven, K. 27.12.2021. Overstromingen Nederland, België, Duitsland op een na duurste natuurramp 2021. NRC. <https://www.nrc.nl/nieuws/2021/12/27/overstromingen-nederland-belgie-duitsland-op-een-na-duurste-natuurramp-2021-a4072393>
- 4) European Parliament and the Council of the European Union. 13.12.2022. Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32022L2557&qid=1696515920879>
- 5) C40. (2017). Infrastructure Interdependencies + Climate Risks Report. C40. https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-Infrastructure-Interdependencies-and-Climate-Risks-report?language=en_US
- 6) University of Copenhagen. 15.9.2022. Global warming doubled the risk for Copenhagen's historic 2011 cloudburst. <https://science.ku.dk/english/press/news/2022/global-warming-doubled-the-risk-for-copenhagens-historic-2011-cloudburst/>
- 7) Mobini, S., Nilsson, E., Persson, A., Becker, P., & Larsson, R. (2021). Analysis of pluvial flood damage costs in residential buildings – A case study in Malmö. International Journal of Disaster Risk Reduction, 62, 102407. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102407>
- 8) KNMI. 20.7.2021. Onderzoek naar hevige regen en overstromingen in Limburg, Ardennen en Eifel. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/onderzoek-naar-hevige-overstromingen-in-limburg-ardennen-en-eifel>
- 9) The Guardian. 9.8.2021. Torrential rain brings flooding and travel disruption to UK. The Guardian. <https://www.theguardian.com/uk-news/2021/aug/09/weather-torrential-rain-brings-flooding-travel-disruption-to-uk>
- 10) Van Ruiten, K., Bles, T., & Kiel, J. (2016). EU-INTACT-case studies: Impact of extreme weather on critical infrastructure. E3S Web of Conferences (osa 7, artikkelinnumero 07001). EDP Sciences.
- 11) Härö, E., Järvensivu, S. M., Alilehto, J., & Haravuori, P. (2019). Electricity: How long could we survive without it? Sweco Group. <https://www.swecogroup.com/urban-insight/energy/report-electricity-how-long-could-we-survive-without-it/>
- 12) Youris.com. 27.4.2016. The cost of blackouts in Europe. Phys.org. <https://phys.org/news/2016-04-blackouts-europe.html>
- 13) 1Limburg. 13.9.2023. Hevige buien: Zuid-Limburg getroffen door wateroverlast. 1Limburg. <https://www.1limburg.nl/nieuws/2285265/hevige-buien-zuid-limburg-getroffen-door-wateroverlast>
- 14) McLeod, S. (2007). Maslow's hierarchy of needs. Simply psychology, 1(1–18).

Urban Insight

By Sweco

Swecon Urban Insight -hanke katsoo eurooppalaisten kaupunkien tulevaisuuteen ja tarjoaa näkemyksiä kestävästä kaupunkikehityksestä asukkaiden näkökulmasta. Hanke koostuu Swecon asiantuntijoiden kirjoittamista raporteista, jotka pohjautuvat tutkimuksiin ja toteutuneisiin hankkeisiin. Raportit tarjoavat yhteiskunnalle ja päättäjille tietoa, jota tarvitaan kaupunkien nykyisten ja tulevien haasteiden ymmärtämiseen ja kohtaamiseen.

Tämä raportti on osa julkaisusarjaa, jossa pureudutaan yhteiskunnan kantokykyä ja resilienssiä kehittäviin toimiin. Urban Insight -raporteissa Swecon asiantuntijat nostavat esiin dataa, tietoa ja tieteellistä tutkimusta, joita tarvitaan turvallisten ja kestävien tulevaisuuden kaupunkiympäristöjen suunnittelussa ja rakentamisessa.

Lisätietoa verkkosivuillamme:
swecourbaninsight.com