



KRIITTISTEN VERKKOKOMPONENTTIEN VARAUTUMISVARASTOINTI

Tutkimusraportin yhteenveto 2024

Sisältää vain tutkimusprojektin taustat ja yhteenvedon.
Tarkoitettu sähköverkkoalan toimijoiden kuten ST-poolin
jäsenien käyttöön.



1 TUTKIMUKSEN TAUSTAT JA TAVOITTEET

1.1 Taustatiedot

Kriittisten verkostokomponenttien varautumisvarastoinnin avulla yllättäviin laiterikkoihin kyetään reagoimaan nopeammin ja ilman tarvetta ylläpitää verkkoyhtiökohtaisia varastoja. Arvokkaimpien ja harvinaisempien komponenttien osalta vikaantumiset ovat niin harvinaisia, että jatkuva varastointi yksittäisten verkkoyhtiöiden toimesta ei ole järkevää tai monissa tapauksissa edes mahdollista. Keskitetyn varautumisvaraston avulla tällaisia kriittisiä komponentteja olisi mahdollista varastoida keskitetysti toimialan yhteiseen käyttöön.

Aikaisemmin verkostokomponenttien keskitetyille varastoinnille ei ole nähty toimialalla suurta tarvetta. Viimeaikaiset muutokset sekä komponenttien saatavuudessa että riskiympäristössä ovat tehneet erilaisiin riskitilanteisiin varautumisen aikaisempaa ajankohtaisempaa.

Verkostokomponenttien saatavuuteen liittyvät haasteet pakottavat verkon omistajia varastoimaan verkon toiminnan kannalta kriittisiä komponentteja. Osassa etenkin kooltaan tai hinnaltaan suuremmissa verkon komponenteissa toimitusajat ovat olleet aina erityisen pitkiä. Tällaisten yksittäisten harvinaisempien komponenttien ohella myös muiden verkon komponenttien toimitusajat ovat pitkittyneet entisestään toimitusketjun häiriöiden, raaka-aineiden hintojen nousun ja muiden tilaustoimitusketjussa tapahtuneiden muutosten seurauksena.

Komponenttien saatavuuden ohella myös riskiympäristö on muuttunut viime vuosien aikana merkittävästi. Pitkään jatkunut pandemia ja sota Euroopassa ovat aiheuttaneet merkittäviä häiriöitä tai viivästyksiä monien raaka-aineiden ja komponenttien tilausketjuihin. Samalla viimeaikaiset kriisit ovat muuttaneet myös asennoitumista riskeihin. Viime vuosien tapahtumat ovat saaneet eri alojen toimijat arvioimaan riskejä uudessa valossa, samalla muistuttaen ennakkoinnin ja varautumisen tärkeydestä. Tämän seurauksena mahdollisiin tuleviin poikkeustilanteisiin halutaan olla aikaisempaa paremmin valmistautuneita.

Sähköverkkotoimialalla erilaisiin riskiskenaarioihin valmistautumista olisi mahdollista toteuttaa keskitetyn varautumisvarastoinnin kautta. Käytännössä tämän toteuttaminen vaatisi erillisen toimialan omistaman



yhtiön perustamista, jonka tehtävänä olisi vastata varautumisvarastointiin liittyvän käytännön toiminnan pyörittämisestä. Tämä HeadPowerin hallinnoima hanke tähtää perustan luomiseksi kriittisten verkostokomponenttien varautumisvarastoinnista vastaavaa organisaatiota varten.

1.2 Tavoitteet ja aiheet

Tämän tutkimushankkeen tarkoituksena oli toteuttaa taustaselvitys kriittisten komponenttien varautumisvarastoinnin toteutettavuudesta ja sillä saavutettavista hyödyistä Suomessa. Projektissa keskityttiin arvokkaisiin ja harvinaisiin komponentteihin, jolloin ulkopuolelle rajattiin edulliset ja ns. tavanomaiset viankorjauksen komponentit. Hankkeessa tuotettiin vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitkä ovat varautumisvarastoinnilla saavutettavat hyödyt, esimerkiksi kuluttajien, kansantalouden ja kansallisen huoltovarmuuden näkökulmasta eri riskiskenaarioissa?
2. Varastoitavien kriittisten komponenttien määrittäminen. Mitä komponentteja varautumisvarastointi koskisi, huomioiden toimitusajat, saatavuus, logistiikka, toimitusketjut ja korvattavuus?
3. Mitä tällaisen toiminnan järjestäminen vaatii esim. rahoituksen ja valvontamallin osalta?

Tutkimuskysymyksiin vastaaminen vaati seuraavien osa-alueiden käsittelemisen:

- Riski-/kriisiskenaarioiden määrittäminen ja niihin liittyvien tarpeiden tunnistaminen
- Nykytilanteen määrittäminen
 - Komponenttien nykyisen käytön selvittäminen, määrät ja speksit (kyselytutkimus)
 - Varautumisen tämänhetkinen toteutus
- Varastoitavien komponenttien määrittelemisen
 - Komponenttien kriittisyyden määrittäminen
 - Toimitusketjujen analysointi: toimitusajat, saatavuus ja logistiikka
- Komponenttien korvattavuuden selvittäminen
 - Minimimäärä komponentteja, joilla voidaan korvata käytössä olevat erilaiset komponentit
 - Minkälaisia korvaavien komponenttien tulee olla
- Toimintamallin ja sen edellytysten analysointi



- Mahdollisen toimintamallin (tai mallien) määrittely
- Varastojen määrän ja sijainnin arviointi
- Toimintamallin edellytysten määrittely (esim. rahoitus ja valvontamalli)

1.3 Tutkimuksen toteutustapa

Projektin toteutuksesta ja tulosten julkaisusta vastaa HeadPower yhdessä ohjausryhmän kanssa. ST-Poolin osapuolet (verkkoyhtiöt) tarjosivat projektiin kriittisten komponenttien määrittämiseen sekä nykytilanteen kuvaamiseen tarvittavat tiedot. Riskiskenaarioiden määrittämiseen hyödynnettiin työpajatyöskentelyä, johon osallistuivat projektin ohjausryhmän jäsenet. Nykytilan ja kriittisten komponenttien määrittämiseksi toteutettiin jakeluverkkoyhtiöille suunnattu kyselytutkimus. Toimitusketjujen analysointiin tarvittava taustatieto hankittiin haastattelemalla verkkoyhtiöitä ja komponenttien toimittajia.

1.4 Projektin ohjausryhmä

Tutkimusprojektin ohjausryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt:

- Energiateollisuus ry: Janne Kerttula
- HeadPower Oy: Antti Jukarainen, Mikko Holm, Pasi Syrjälä, Juha-Pekka Laitinen ja Timo Mutila
- Helen Sähköverkko Oy: Osmo Siirto (varalla: Tuomas Murumäki)
- Huoltovarmuuskeskus: Petri Nieminen
- Savon Voima Verkko Oy: Pekka Miettinen
- Järvi-Suomen Energia Oy: Mika Mielikäinen (varalla: Jani Siltala)

Ohjausryhmän tehtäviä olivat muun muassa hyväksyä toteutussuunnitelma ja välivaiheiden tulokset, osallistua työpajatyöskentelyyn sekä koordinoida ja tukea työn etenemistä. Se vastasi myös tutkimushankkeen aikana tehdyistä rajauksista käsiteltäviin aiheisiin. Tämä tutkimusraportin yhteenveto on hankkeen ohjausryhmän hyväksymä.

Hankkeen toteutuksesta vastannut HeadPower haluaa antaa erityiset kiitokset ohjausryhmälle sen panoksesta projektille. Lisäksi HeadPower kiittää kaikkia kyselyyn ja haastatteluihin osallistuneita arvokkaasta työstä nykytilan kartoituksessa.



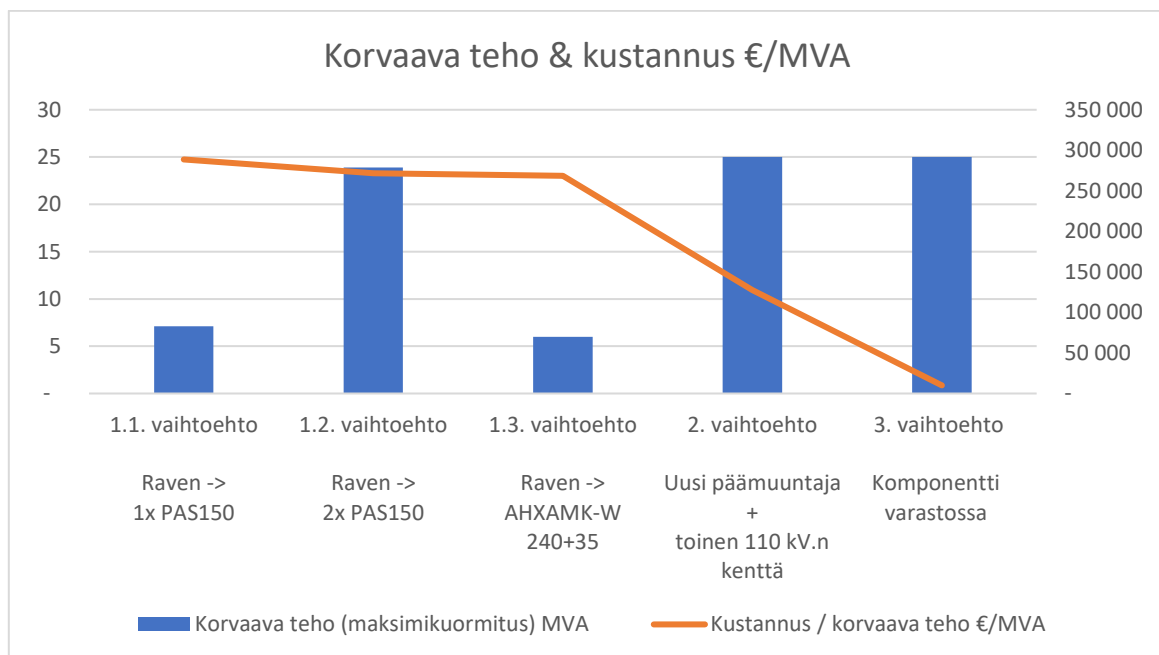
2 YHTEENVETO

2.1 Varautumisvarastoinnilla saavutettavat hyödyt

Hyötylaskelmaesimerkki: 110/20 kV päämuuntaja

Päämuuntajien osalta hyötylaskelman lähtökohtana oli tilanne, jossa jokaisella sähköasemalla on yksi kappale samankokoisia päämuuntajia. Jokainen sähköasema on yhdistetty kahteen eri asemaan Raven-yhteydellä. Lähtökohtana on ollut mallintaa verkon rakennetta yksinkertaistetulla mallilla, jossa on huomioitu nykyisiä varautumistapoja. Hyötylaskelmassa huomioitiin seuraavat kolme varautumisvaihtoehtoa.

1. Vaihtoehto: korvaus kj-verkon kautta.
2. Vaihtoehto: 50 %:lla sähköasemista kaksi päämuuntaja, joista toinen tarvittavan muuntokapasiteetin näkökulmasta ylimääräinen.
3. Vaihtoehto: päämuuntaja on varastoitu yhteiskäytössä olevaan varautumisvarastoon.



Kuva: Laskelma varastoinnilla saavutettavista hyödyistä vaihtoehdolla saavutettu korvaava teho huomioiden



Yhteisvarastointi on erittäin tehokas tapa hallita kriittisten komponenttien sekä luonnollista että sabotaasin aiheuttamaa vikaantumiseriskiä. Nykyisin käytössä oleviin varautumistapoihin verrattuna sillä voidaan saavuttaa lainsäädännön ja valvontamallin edellyttämä toimitusvarmuus olennaisesti pienemmillä investoinneilla.

Komponenttien varastointi voi alentaa sähköjakelun riskitasoa merkittävästi. Vaikka muut varautumistavat voisivatkin estää keskeytyksen häiriön sattuessa, toinen häiriö samassa verkon osassa aiheuttaa keskeytyksen. Varastoidun komponentin avulla riskitaso voidaan palauttaa normaaliksi ensimmäisen häiriön jälkeen.

Uuden valvontamallin mukaan investointimahdollisuudet vähenevät, jolloin varastoinnin kautta voidaan jättää turhat varautumisinvestoinnit pois. Yhteisvarastointi parantaa verkkoyhtiöiden mahdollisuutta kohdentaa investoinnit tukemaan muita toimitusvarmuustoimenpiteitä ja vihreää siirtymää.

Pienille verkkoyhtiöille yhteisvarastointi voi olla käytännössä ainoa tapa hallita kriittisten komponenttien vikaantumiseriskiä. Niillä ei ole mahdollisuutta investoida esimerkiksi varalla olevaan päämuuntajaan. Siksi yhteisvarastointi voi olla niille erityisen tärkeä keino toimitusvarmuuden parantamiseksi.

Sähköverkkoihin rakennettu sisäinen resilienssi ja varalla oleva kapasiteetti vähenee nopeasti sähköistymisen edetessä ja kuormien kasvaessa. Jatkossa investoinnit voidaan yhteisvarastoinnin ansiosta kohdentaa teollisuuden, liikenteen ja kuluttajien tarvitsemaan infrastruktuuriin eikä niitä tarvitse tehdä verkossa mahdollista vikatilannetta odottaviin komponentteihin.

Erilaisille luonnontuhoille (erityisesti tulvat) altistuvien komponenttien, esimerkiksi 110kV pylväiden osalta, yhteisvarastointi tarjoaa hyvin kustannustehokkaan mahdollisuuden lyhentää korjausaikaa olennaisesti.

Yhteisvarastoinnilla voidaan tehokkaasti hallita toimitusketjuihin, saatavuuteen ja kansainvälisiin kuljetuksiin liittyviä riskejä. Esimerkiksi päämuuntajilla riski on huomattava. Varastoidut komponentit muodostavat puskurin ja tuovat lisää aikaa seuraavien komponenttien hankinnalle.

Sähköverkkosektorin yhteisvarastoinnilla voidaan luoda toimivat käytännöt kriittisten infrastruktuurisektorien varautumis- ja valmiustason parantamiselle. Konseptia voi laajentaa esimerkiksi



sähköntuotantoon, sähköintensiiviseen teollisuuteen ja muun kriittisen infrastruktuurin tarvitsemiin laitteisiin.

2.2 Varastoitavat komponentit

Osana tutkimusta selvitettiin varastoinnin kannalta potentiaalisimmat komponentit. Selvityksessä hyödynnettiin tutkimuksessa kerättyjä tietoja komponenttikohtaisista toimitusajoista, saatavuudesta, toimitusketjuista, korvattavuudesta ja vakimuotoisuudesta. Selvitys sisälsi myös arvion eri komponenttien kriittisyydestä sähkönjakelun kannalta. Arvioinnin tuloksena seuraavat komponentit tunnistettiin varautumisen kannalta potentiaalisimmiksi:

- 20 kV MAAKAAPELIT
 - Vesistökaapeli 120 mm²: armeerattu rakenne
 - Vesistökaapeli 240 mm²: armeerattu rakenne
- 20 / 0,4 kV MUUNTAJAT
 - Muuntaja 1000 kVA
 - Muuntaja 1600 kVA
- 110 kV ILMAJOHTOVERKON JOHTOEROTTIMET JA PYLVÄSRAKENTEET
 - Johtoerotin (mitoitetaan 40 MVA mukaan)
 - Pylväsrakenteet (Harustettujen pylväiden osia muutamalle eri pituudelle, koordinoidaan nykyisen varautumisjärjestelyn kanssa)
- 110 kV MAAKAAPELIT
 - Maakaapeli 1600mm²
 - Maakaapeli 2500 mm²
- 110 kV MAAKAAPELITARVIKKEET
 - Kojeistopääte (1600 ja 2500 mm² poikkipinta-alojen mukaiset)
 - Pylväspääte (1600 ja 2500 mm² poikkipinta-alojen mukaiset)
 - Jatkos (1600 ja 2500 mm² sekä käytössä olevien poikkipinta-alojen ja kaapelityyppien mukaiset)
- 110 kV PÄÄMUUNTAJAT
 - Päämuuntaja 25 MVA



- Päämuuntaja 40 MVA
- 110 kV ILMAERISTEISET KYTKINKENTÄT
 - Ilmaeristeisen 1-kiskokojeiston lähtö- tai syöttökenttä (mitoitetaan 40 MVA mukaan)
 - Ilmaeristeisen kytkinlaitoksen suojaus- ja automaatiolaitteisto: asemakohtainen perusosa (kommunikaatiolaitteet)
 - Ilmaeristeisen kytkinkentän suojaus- ja automaatiolaitteisto: kenttäkohtainen osa (Hitachin ja Siemensin releet)
 - 110 kV jännite- ja virtamuuntajat (sekä 1A että 5A toisiopiirillä)

Edellä esitetyt komponentin muodostavat tämän tutkimusten tulosten mukaisen listan potentiaalisimmiksi arvioidusta komponenteista sekä niiden koko- ja tyyppivarianteista. Lopullinen lista varastoitavista komponenteista tulee tarkentumaan varastoinnin käynnistysvaiheessa, kun varastointiin osallistuvat yhtiöt, heidän yksilölliset tarpeensa ja korvattavat komponentit ovat tarkemmin selvillä. Varastoitavien komponenttien määrä on vikaantumistiheyden ja toimitusajan lisäksi riippuvainen varastolla varmistettavien komponenttien määrästä kentällä sekä varastoinnilla tavoiteltavasta varaston kattavuudesta.

2.3 Varautumisvarastoinnin järjestäminen

2.3.1 Varaston toteutus

Varautumisvarastoinnin käytännön toteutuksessa on huomioitava seuraavat näkökohdat. Yksi varasto on kustannustehokkain ratkaisu normaalitilanteessa, jos se sijaitsee kantavien teiden varrella ja tarpeeksi lähellä tärkeitä verkonosia. Varasto vaatii kuivan, lämpimän, vartioidun ja suurikokoisten ja raskaiden komponenttien käsittelyyn soveltuvan tilan, suuret ovet sekä riittävän kantavan lattian. Varaston suunnittelussa on otettava huomioon myös muuntajaöljyt ja muut kemikaalit. Varaston tilantarve määräytyy varastoitavien komponenttien lukumäärän ja koon perusteella. Esimerkiksi viisi päämuuntajaa vievät noin 1000 m² tilaa. Varastoinnin kustannuksiin kuuluvat tilavuokra, lämmitys, kiinteistönhoito ja vartiointi.

Varastoinnin kustannuksiin on mahdollista vaikuttaa valitsemalla varastoinnin lopullinen tapa ja paikka huolellisesti. Komponenttien varastoiminen ulkona voi tuoda säästöjä tilavuokraan, lämmitykseen, vakuutuksiin ja nostolaitteisiin verrattuna hallissa varastoimiseen. Ulkovarastoinnin haittoja ovat muun muassa suurempi alttius sään aiheuttamille vaurioille, varkauksille ja ilkeille. Hallissa varastoimisessa



voidaan käyttää siltanosturin sijaan haalauskojoja, jotka ovat yksinkertaisempia ja halvempia asentaa ja ylläpitää.

2.3.2 Varautumisvaraston toimintamalli

Varastointiin perustetaan oma erillinen yhtiö, joka omistaa ja hallinnoi varastoitavia komponentteja. Yhtiön omistajat ovat varautumiseen osallistuvia verkkoyhtiöitä, jotka rahoittavat varastoinnin pääomittamalla yhtiötä ja maksamalla sen toimintakulut omakustanneperiaatteella.

Omistuksen, kulujen ja rahoituksen jakautuminen perustuu osakkaiden nimeämiin oman verkkonsa komponentteihin, jotka he haluavat varmistaa varastoitavalla komponentilla. Osakkaiden nimeämät varmistettavat komponentit ja tavoiteltu riskitaso vaikuttavat suoraan varastoitavien komponenttien määrään. Osakkaat päättävät millä minimäärällä komponentteja varaston toteutukseen lähdetään.

Varastoituihin komponentteihin on ensisijainen käyttöoikeus niillä yhtiöillä, jotka ovat osallistuneet varastoinnin rahoitukseen ja nimenneet varmistettavat komponentit. Varastosta saa ottaa komponentin vain silloin, kun varmistettava komponentti on todennetusti vikaantunut. Muissa tapauksissa varautumisyhtiö tekee päätöksen komponenttien luovuttamisesta omistajien määrittelemien ehtojen mukaisesti. Tällaisin erityisehdoin komponentteja voi olla mahdollista myydä myös ulkopuolisille toimijoille varaston riittävän kierron varmistamiseksi, kustannusten alentamiseksi tai muista syistä. Verkkoyhtiöiden lisäksi vastaavien komponenttien käyttäjiä löytyy teollisuudesta ja sähkön tuotannosta.

2.3.3 Toiminnan edellytykset

Toiminnan edellytyksenä on, että varautumisvarastoon osallistuu riittävä määrä sähköverkkoyhtiöitä, jotka hyötyvät taloudellisesti ja toiminnallisesti yhteisestä varastosta erilaisissa kriisitilanteissa. Varastointiin liittyvien kulujen ja poistojen hyväksyminen valvontamallissa ei ole välttämätöntä, sillä ne ovat suhteellisen pieniä verrattuna varaston tuomiin etuihin.