



Elias Ruohomäki

Frizlenin T600-sarjan kuormitusvas- tusten yksityiskohtainen ominai- suuksiin tutustuminen myynnin tu- kena

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

27.2.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Elias Ruohomäki
Otsikko:	Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastusten yksityiskohtainen ominaisuuksiin tutustuminen myynnin tukena
Sivumäärä:	35
Aika:	28.2.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Tuotepäällikkö Juuso Lehto Lehtori Kai Virta

Insinööriyön aiheena on Frizlen GmbH:n T600-sarjan kuormitusvastusten yksityiskohtaisiin teknisiin ja fyysisiin ominaisuuksiin tutustuminen myynnin tukena. Työ tehtiin Sähkölehto Oy:lle. Insinööriyön tarkoituksena on antaa tarkka kuvaus Sähkölehto Oy:n päämiehen, Frizlen GmbH:n T600-sarjan kuormitusvastusten ominaisuuksista, keskeisimmistä teollisuuden käyttökohteista sekä vastuksien markkina-asemasta ja mahdollisesta myynnin volyymin kasvattamisesta. Insinööriyön tavoitteena on parantaa Sähkölehdon teknisten asiantuntijoiden tietämystä päämiehen T600-sarjan kuormitusvastuksista laadukkaiden ratkaisujen ja palveluiden tuottamiseksi.

Insinööriyössä lähestytään aihetta tarkasteluun valitun kuormitusvastussarjan teknisten ja fyysisten ominaisuuksien kautta. Vastuksien lisäksi työssä tarkastellaan myös niitä toimialoja ja sovelluksia, joissa Frizlenin T600-sarjan vastuksia hyödynnetään.

Insinööriyön materiaaleina on käytetty runsaasti Sähkölehdon ja Frizlenin kirjallista ja sähköistä materiaalia, sekä kollegoiden kanssa käytyjä keskusteluja niin suullisesti kuin kirjallisestikin.

Insinööriyön lopputuloksena on selvitys Frizlenin kehittämien ja tuottamien ja Sähkölehdon myymien T600-sarjan kuormitusvastuksien teknisistä ominaisuuksista sekä niiden hyödynnettävyydestä erilaisissa sovelluksissa sekä eri toimialoilla. Tutkimus toimii Sähkölehto Oy:n teknisen myynnin tukena ja taustamateriaalina T600-sarjan kuormitusvastusten menekin volyymin kasvattamisessa.

Avainsanat: kuormitusvastus, Sähkölehto, Frizlen GmbH, T600

Abstract

Author: Elias Ruohomäki
Title: Detailed features of Frizlen's T600 steel grid resistors as a sales support
Number of Pages: 35
Date: 28 February 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and automation engineering
Specialisation option: Automation engineering
Instructors: Product Manager Juuso Lehto
Senior Lecturer Kai Virta

The topic of this thesis is to get acquainted with the detailed technical and physical properties of Frizlen GmbH's T600 load resistors in support of sales. The thesis was done for Sähkölehto Oy. The purpose of the thesis is to give a detailed description of the characteristics of Sähkölehto's partner Frizlen GmbH's T600 product series, the most important applications of these in industry, as well as the market position of the resistors and the possible increase in sales volume. The purpose of the research is to improve the knowledge of Sähkölehto's technical experts about the load resistors of the partner's T600 series, in order to provide high-quality solutions and service.

The thesis approaches the topic through the technical and physical properties of the selected load resistor series. In addition to resistors, the thesis also examines the industries and applications, in which Frizlen's T600 series resistors are utilized.

Material from Sähkölehto and Frizlen, as well as discussions with colleagues were used as the main sources of information in this study.

The result is a description of the technical properties of the T600 series load resistors developed and produced by Frizlen and sold by Sähkölehto, as well as information concerning their usability in different applications and in different industries. The research itself serves as a sales support and background material in increasing the sales volume of the T600 steel grid resistors.

Avainsanat: Load resistor, Sähkölehto, Frizlen GmbH, T600

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Toimeksiantajan ja päämiehen esittely	3
2.1	Sähkölehto Oy	3
2.2	Frizlen GmbH	3
3	Asiakaskunnan ja toimialan esittely	5
3.1	Frizlen GmbH	5
3.2	Sähkölehto Oy	5
4	Kuormitusvastukset	7
4.1	Peruseriaatteet	7
4.2	Kuormitusvastukset	9
4.2.1	Jäähdytys	10
4.2.2	Turvallisuus, standardit ja direktiivit	10
4.2.3	Sovelluskohteet	12
5	Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastukset	13
5.1	Rakenne	14
5.2	Ominaisuuksia	15
5.3	Kotelointi	17
5.3.1	IP-luokitusjärjestelmä	17
5.3.2	Tekniset ominaisuudet	19
5.3.3	Duty cycle factor (DCF) ja overload factor (OLF)	20
6	Kilpailu ja menekin kasvattaminen	23
6.1	Kilpailu	23
6.2	Laki	25
6.3	Infrastruktuuri	25
6.4	Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksien menekin kasvattaminen	25
7	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

Lyhenteet

AC:	<i>Alternating current.</i> Vaihtovirta.
DC:	<i>Direct current.</i> Tasavirta.
DCF:	<i>Duty cycle factor.</i> Käyttöjakso.
DIN:	<i>Deutsches Institut für Normung.</i> Saksalainen standardi-instituutti.
EN:	<i>European Standard.</i> Eurooppalainen standardi.
IP:	<i>International Protection.</i> Kansainvälinen suojausluokka.
OLF:	<i>Overload factor.</i> Ylikuormitustekijä.
SG:	<i>Steel grid.</i> Teräslevy.

1 Johdanto

Insinööriytyö toteutetaan Sähkölehto Oy:lle. Työn aihe sai alkunsa alun perin Sähkölehdon päämieheltä, Frizlen GmbH:lta, jonka edustaja Simon Zimmerman oli tuonut esille Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastusten suhteellisesti heikomman menekin Suomen ja Baltian markkinoilla verrattuna Saksan markkinoihin. Työssä kuitenkin keskitytään tarkastelemaan tilannetta vain Suomen markkinoilla työn laajuuden rajaamiseksi. Insinööriytyön aiheeseen vaikuttivat myös toimeksiantajan toive insinööriytyön tekijälle perehtyä päämiehen tuotteisiin, ratkaisuihin ja palveluihin. Tällä tavoin halutaan myös tukea muiden myyntihenkilöiden asiantuntemusta Frizlen GmbH:n tarjoamista tuotteista ja palveluista. Lisäksi muutokset organisaatorakenteessa sekä yrityksen jatkuva tavoite kehittää henkilöstönsä teknistä osaamista laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi toimivat tärkeinä tekijöinä tämän insinööriytyön taustalla.

Opinnäytetyössä tutkitaan Sähkölehto Oy:n maahantuomia ja Frizlen GmbH:n kehittämiä sekä valmistamia T600-sarjan kuormitusvastuksia. Työn tarkoituksena on tutkia edellä mainitun vastussarjan komponenttien ja elementtien teknisiä ja fyysisiä ominaisuuksia, teollisuuden käyttökohteita, T600-sarjan vastusten markkina-asemaa Suomessa sekä tunnistaa mahdollisia uusia toimialoja ja potentiaalisia asiakkaita. Työn tavoitteena on lisätä opinnäytetyön tekijän ja Sähkölehdon asiantuntemusta päämiehen Frizlen GmbH:n kuormitusvastuksista, tarjota parempia ratkaisuja nykyisille ja potentiaalisille uusille asiakkaille sekä tukea Sähkölehdon myyntihenkilöiden työtä oikeiden kohderyhmien löytämisessä tuotteille.

Frizlen GmbH:n T600-sarjan kuormitusvastukset ovat Frizlenin myydyimpiä tuotteita Saksassa. Huolimatta siitä, että T600-sarjan vastukset ovat myös Sähkölehdon niin sanottuja keihäänkärkituotteita, on niiden menekki Suomessa ja Baltiassa verrattuna Saksaan suhteellisesti selvästi heikompaa. T600-sarjan vastuksien parempi menekki muilla markkina-alueilla viittaa kuitenkin siihen, että niiden myynnin volyymia voisi myös Suomessa ja Baltiassa kasvattaa. [1.]

Insinöörityö koostuu johdannosta, toimeksiantajan sekä päämiehen esittelyistä, teoriaosuudesta, tuotekuvauksista, kilpailun tarkastelusta sekä johtopäätelmistä. Johdannossa avataan opinnäytetyön aihetta, taustaa sekä tavoitteita. Teoriaosuudessa käsitellään yleisesti vastuksia, niiden ominaisuuksia ja käyttötarkoituksia. Tuotekuvauksissa keskitytään tarkastelemaan Frizlen GmbH:n T600-sarjan kuormitusvastuksia. Kuormitusvastuksia käsittelevässä osuudessa tarkastellaan erityisesti edellä mainittujen vastusten fyysisiä ja teknisiä ominaisuuksia sekä sovelluskohteita, minkä jälkeen tarkastellaan niiden asemaa markkinoilla.

Lopuksi insinöörityössä tarkastellaan lopputuloksen hyödyntämistä nykyisten asiakkaiden sekä potentiaalisten uusien asiakkaiden ja toimialojen suhteen. Lopputuloksen ei ole tarkoitus olla kuitenkaan markkinatutkimus, vaan oppimistyö. Oppimistyön kautta insinöörityön tekijä saavuttaa syvemmän ammattitaidon sekä toimeksiantajalleen tietoa mahdollisen myynnin laajentamisen suunnittelun tueksi.

Opinnäytetyöhön vaikuttivat merkittävästi haastattelut, joita opinnäytetyön tekijä kävi kirjallisesti sekä suullisesti päämiehen edustajan Simon Zimmermanin sekä Sähkölehdon tuotepäällikkö Miikka Laukkasen ja avainasiakasjohtaja Kimmo Sampan kanssa. Laukkanen on tehnyt vuosia tutkimustyötä Frizlen GmbH:n vastuksista, josta hänellä on myös päämiesvastuu. Työhön vaikuttivat myös opinnäytetyöntekijän omakohtainen kokemus työntekijänä Sähkölehdolla sekä opinnot aiheesta.

2 Toimeksiantajan ja päämiehen esittely

2.1 Sähkölehto Oy

Sähkölehto Oy (kuva 1) on vuonna 1954 perustettu tukkukappa, joka toimittaa sähkö- ja koneautomaation laitteita sekä palveluita eri teollisuuden aloille. Sen kotipaikka on Helsingin Roihupellossa, jossa toimii Sähkölehdon hallinto, varasto sekä tekninen asiantuntijapalvelu. Pienenä suomalaisena perheyriytyksenä Sähkölehto työllistää 16 henkilöä. [2.]

Sähkölehto Oy edustaa n. 10 eurooppalaista päämiestä, joiden valmistamia ja kehittämiä tuotteita se toimittaa, myy ja markkinoi Suomessa ja Baltiassa. Tuotevalikoimaan kuuluu laiteratkaisut liitääntään, turvatekniikkaan, mittaukseen, valvontaan sekä automaatioon liittyen. Sähkölehto tarjoaa standardoitujen tuotteiden lisäksi asiakaskohtaisia ratkaisuja, jotka valmistetaan aina kulloinkin kyseessä olevan asiakkaan tarpeiden mukaisiksi. Asiakaskohtaisten ratkaisujen avulla Sähkölehto pyrkii parantamaan sekä omaa että asiakkaidensa kilpailukykyä sekä kannattavuutta. Laadukas tuotevalikoima, henkilökohtainen palvelu sekä tekninen osaaminen toimivatkin Sähkölehdon palveluiden perustana. [3; 2.]



Kuva 1. Sähkölehto Oy:n logo ja iskulause.

2.2 Frizlen GmbH

Frizlen GmbH (kuva 2) on vuonna 1914 perustettu saksalainen keskisuuri perheyriytyys, joka valmistaa ja kehittää vastuksia eri teollisuudenaloille. Frizlen

GmbH valmistaa pääasiassa tehovastuksia, kuten jarru-, kuormitus-, käynnistys-, säätö- sekä koestusvastuksia. Frizlenillä työskentelee tällä hetkellä noin 120 työntekijää. [4; 5.]

Frizlen GmbH toimittaa tuotteitaan suoraan sekä välillisesti yli 60 maahan yhdestä toimipaikastaan Saksasta. Sen kaikki tuotteet on sertifioitu ISO 9001 -laatu järjestelmän mukaisesti ja ne on suunniteltu kestäväksi vaativimpiinkin käyttöolosuhteita muun muassa lämpötila sekä käyttösovelluksen tärinä ja liike huomioiden. [6; 7.]

Frizlen on Sähkölehdon tapaan vahvasti asiakaslähtöinen yritys. Sopiva tuote tai ratkaisu kehitetään yhdessä asiakkaan kanssa kulloiseenkin projektiin sopivaksi. Tässä opinnäytetyössä tarkastelussa olevat vastusmallit ovat niin sanottuja standardimalleja, joista Frizlen ja Sähkölehto kehittävät asiakkaidensa kanssa erilaisia sovelluksia ja ratkaisuja. [7.]



Kuva 2. Frizlen GmbH:n logo.

3 Asiakaskunnan ja toimialan esittely

3.1 Frizlen GmbH

Frizlen GmbH kehittää ja valmistaa kuormitusvastuksensa Saksassa, jossa teollisuus on lähes 23,5 prosentillaan Saksan talouden suurin toimiala. Saksassa myynti tapahtuu suoraan asiakkaille, joita voivat olla kaikki tuotantoketjun jäsenet laitevalmistajasta loppukäyttäjään. Suoramyyntiin lisäksi Frizlenillä on 11 pääjakelijaa ympäri maailman, joiden vastuulla tuotteiden toimittamisen lisäksi on tuotteiden käyttömahdollisuuksista ja teknologiasta informoiminen sekä saatavuudesta huolehtiminen. [8; 7; 1.]

Frizlen GmbH toimii hyvin laajalla toimiala-alueella. Sen valmistamia vastuksia käytetään esimerkiksi ajotekniikassa, mekaanisessa suunnittelussa, koneenrakennuksessa, testauksessa ja laboratorioissa, laitostekniikassa, voimalaitoksissa, tehoelektronikassa, kuljetuksessa ja logistiikassa sekä liikkuvissa koneissa. [9.]

Frizlenillä on viisi suurta pääasiakasta, joille se toimittaa vastuksiaan yksinoikeudella. Kyseiset pääasiakkaat ovat laitevalmistajia, joiden kanssa Frizlenillä on sopimus vuosittaisesta ostovolyymista. Nämä yritykset valmistavat muun muassa erilaisia liikkuvia ja kiinteitä generaattoreita, kuten hätäsähkö- ja dieselgeneraattoreita sekä mobiiligeneraattorisarjoja. Generaattoreiden lisäksi Frizlenin vastuksia käytetään myös energian varastointiyksiköissä, hätävirtajärjestelmissä sekä lämpö- ja voimayksiköissä, joita sen pääasiakkaat valmistavat. [10]

3.2 Sähkölehto Oy

Sähkölehto on toimialaltaan sähkötarviketukkukauppa ja se toimittaa yksinoikeudella Frizlenin vastuksia Suomen lisäksi Viroon, Latviaan ja Liettuaan. Tässä insinööriyössä keskitytään kuitenkin tarkastelemaan tilannetta vain Suomessa, jossa talouden tärkeimpiin toimialoihin myös tukkukauppa noin 15,5 prosentuaalisella osuudellaan kuuluu. Sähkölehdon asiakkaat toimivat pääasiassa

teollisuuden aloilla, joka on Suomen talouden toistaiseksi suurin toimialue (21,3 %). [6;11.]

Sähkölehto toimii muun muassa sahateollisuuden, kone- ja laitevalmistuksen, satama- ja laiva, terveysteknologian, puolustus- ja viranomaisteknologian sekä raideliikenteen aloilla. Se tarjoaa ja toimittaa edellä mainittujen alojen toimijoille muun muassa liitántään, turvatekniikkaan, mittaukseen sekä automaatioon liittyviä ratkaisuja. [12]

Sähkölehdon asiakkaat ovat muita yrityksiä, jotka tilaavat Sähkölehdon kautta erilaisia tekniikan komponentteja, kuten Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksia omiin tarpeisiinsa. Mikäli kyseessä on standardituote, ei erillistä suunnittelutaiikka kehitysvaihetta tarvita erikseen, vaan tuote myydään ja toimitetaan suoraan valmiina olevasta valikoimasta. Vakiotuotteiden lisäksi Sähkölehto toteuttaa yhteistyössä Frizlen GmbH:n kanssa asiakaskohtaisia tuotteita. Asiakaskohtaisissa projekteissa Sähkölehto välittää asiakkaan tilauksen Frizlenille, joka valmistaa sopivan vastuksen asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaisiksi, ja jonka Sähkölehto edelleen välittää asiakkaalle. [6; 10; 13.]

4 Kuormitusvastukset

4.1 Perusperiaatteet

Vastus, tai resistori, on elektroniikan komponentti, joka nimensä mukaisesti vastustaa tasa- ja vaihtovirran kulkua. Vastuskomponentin sähkövastus, resistanssi, mitataan ohmeissa. Resistanssi kertoo sen määrän sähkövirtaa, jonka vastus pystyy vastustamaan. Ohmin lain mukaisesti sähkövirta, joka kulkee läpi vastuksen, on suoraan verrannollinen jännitteeseen (kaava 1). [14; 15; 16.]

$$U = RI \tag{1}$$

U on jännite (voltti, V)
R on resistanssi (Ohmi, Ω)
I on virta (ampeeri, A)

Lisäksi vastukset synnyttävät jännitehäviöitä muiden sähkötekniisten laitteiden tapaan sekä mahdollistavat jännitteen jaon esimerkiksi tilanteissa, joissa kaksi vastusta on asennettu sovellukseen yhden sijaan. Jännitehäviötä tapahtuu jokaisessa vastuskomponentissa. Näin ollen jännite ennen vastuskomponenttia on suurempi, kuin sen kuljettua vastuskomponentin läpi. Jännitehäviö saadaan siis alkujännitteen ja loppujännitteen erotuksena. [14; 15.]

Tavallisen vastuksen resistanssi on pääasiallisesti vakio olosuhteista riippumatta. Vakiolla tarkoitetaan tässä tilanteessa sitä, kun vastus toimii sille säädettyssä vakiolämpötilassa, se käyttäytyy myös vastuslakien mukaisesti. Käytännössä kuitenkin johtimen lämpeneminen vaikuttaa vastuksen resistanssiin. Mitä kuumempi vastuksessa oleva johdin on, sitä heikommin se vastustaa sähkövirtaa, ja päinvastoin. Ympäristön ominaisuudet kuitenkin vaikuttavat vastuksen tehoon. [14; 15; 16.]

Monien laitteiden toimintaa ohjataan erikoisvastuksilla, joiden resistanssi muuttuu olosuhteiden mukaan. Vastuksien avulla voidaan säätää sähkövirran suuruus muille komponenteille sopivaksi. [17]

Resistanssin lisäksi vastuksille määritetään jatkuva ja syklittäinen tehonkesto. Tehonkesto kertoo vastuksen suurimman mahdollisen tehohäviön tietyssä lämpötilassa, jonka vastus kestää ilman sille määritellyn toleranssin ylittymistä. Mikäli lämpötila ylittyy, tulee tehohäviötä pienentää ylikuumenemisen välttämiseksi. [14; 15]

$$P = UI \quad (2)$$

P on vastuksen tehohäviö watteina (W)

U on vastuksen yli vaikuttava jännite voltteina (V)

I on vastuksen läpi kulkeva sähkövirta ampeereina (A)

Esimerkiksi Sähkölehdon asiakkaalla on akku, joka toimii 30–50 voltin jännitteellä ja sitä halutaan kuormittaa 600 ampeerilla. Voimme laskea akun jatkuvan tehonkeston käyttämällä Ohmin lakia. ja näin ollen löytää sopivan vastuksen akulle.

$$\begin{aligned} P &= UI \\ P &= 50 V \times 600 A \\ P &= 30\,000 W = 30 kW \end{aligned}$$

Mikäli käytössä olisi Frizlenin T600-sarjan vastuskomponentit, tarvittaisiin niitä yhteensä 60 kappaletta, jotta ne saavuttaisivat tarvittavan tehonkeston.

Kokonaisvastusarvoon vaikuttaa lisäksi myös vastuksien kytkentä. Vastukset kytkettäessä rinnan (vierekkäin) kokonaisvastusarvo pienenee. Mikäli vastukset kytketään sarjaan (peräkkäin), kokonaisvastusarvo kasvaa. Mitoittamalla vastuksien arvot ja muodostamalla kytkentä ko. sovelluksen käyttötarkoitukseen sopiviksi, voidaan kytkennän sisäisiä jännitteitä säädellä. [14; 15] Tämä luonnollisesti määräytyy asiakaskohtaisesti, kytketäänkö vastukset rinnan vai sarjaan. Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksilla kumpikin kytkentä on mahdollinen ja täysin toteutettavissa asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaisesti. [18; 19]

Kuorma on nimensä mukaisesti sähköpiiriä kuormittava tekijä. Kuorma voi siis olla mikä tahansa komponentti, joka voi hajottaa jopa suuria määriä tehoa energiaksi (dissipaatio) antaakseen halutun lähtötehon. Dissipaatiolla voidaan tarkoittaa esimerkiksi Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksen teräslevyjen kuumenemista. Kun kuormitusvastus ottaa tehoa (W) vastaan, muuttuu se vastuksessa osittain lämpöenergiaksi. Voidaan puhua myös hajottamisesta. [19.]

Kuorma voi olla resistiivistä, kapasitiivistä, induktiivistä taikka mikä tahansa kombinaatio näistä kolmesta. Frizlenin T600-sarjan vastukset ovat resistiivisiä, mikä tarkoittaa sitä, että ne kuluttavat vain aktiivista tehoa - teho virtaa tällöin suoraan lähteestä kuormaan. Useimmiten kuormitusvastusten resistiiviset vastuselementit rakennetaan käyttämällä resistiivisiä metalliseoksia, kuten Frizlenin T600-sarjan teräslevyvastuksissa. Tästä ja vastuksien tehohäviöstä kerrotaan lisää kappaleessa 5. [19; 20]

4.2 Kuormitusvastukset

Kuormitusvastukset ovat sähkötekniisiä laitteita, joita hyödynnetään erityisesti suuria määriä sähköenergiaa tuottavien laitteiden kuormittamisessa ja testaamisessa. Kuormitusvastukset ovat muiden vastusten tavoin yleisesti virtaa vastustavia komponentteja. Kuten Frizlenin T600-sarjan vastuksista kertovassa kappaleessa todetaan, saadaan kuormitusvastuksien avulla luotua vakaa sähköinen kuormitus esimerkiksi tuotantolaitteiston suorituskykyä ja toimintaa testattaessa. [20; 21]

Kuormitusvastukset kestävät sähkötehoa muutamista wateista jopa megawatteihin asti. Tämä teho mitoitetaan vastaamaan kulloinkin kyseessä olevan sovelluksen tarpeita kytkemällä jopa useita vastusyksiköitä yhteen halutun kokonaistehon saavuttamiseksi. Kuormitusvastuksen tehon lisäksi myös mitoitusjännite on yleensä mahdollista valita käyttötarkoitukseen sopivaksi. Käytännössä kuormitusvastuksen arvo riippuu kuitenkin siitä, mikä on kyseisen piirin teho. [22; 23]

4.2.1 Jäähdytys

Kuormitusvastuksia suunniteltaessa, oli kyseessä sitten kiinteä tai liikuteltava, ulos tai sisälle asennettava vastus, tulee niitä rakennettaessa ottaa huomioon jäähdytysilman saanti sekä vastuksista aiheutuvat meluhaitat. Kuormitusvastusten jäähdytyksessä voidaan käyttää vapaata tai pakotettua konvektiota, eli lämmönsiirtoa. Esimerkiksi Frizlenin teholuokaltaan isoimmissa T600-sarjan vastuksissa on aina mukana pakotettu jäähdytysjärjestelmä (pakkotuuletus, forced ventilation). Pakotetussa konvektiossa hyödynnetään tuulettimien kuljettamaa jäähdytysilmaa, joissa ilma pakotetaan kulkemaan vastusyksikön tai -yksiköiden läpi. Teholuokaltaan pienemmissä vastuksissa, joita voivat olla esimerkiksi ilmanvaihtokanavaan asennetut vastusyksiköt, käytetään vapaata konvektiota. Tällöin vastuksen jäähdytys tapahtuu vapaasti ilman erikseen asennettua jäähdytysjärjestelmää. [19; 20; 22.]

Frizlenin T600-sarjan standardivastukset toimitetaan pääsääntöisesti passiivijäähdytteisinä rakenteina. Tämä tarkoittaa sitä, ettei jäähdytyksessä ole liikkuvia osia. Vastuksia on saatavilla myös aktiivijäähdytteisiä malleja, jotka edesauttavat nopeamman jäähtyvyyden ansiosta ottamaan vastaan suurempia määriä jatkuvaa energiaa kokoluokkaansa nähden. Aktiivisessa jäähdytyksessä on nimensä mukaisesti aktiivinen osa, joka on yleensä tuuletin. [19.]

Vastusten ylikuumenemista voidaan valvoa erillisillä kontaktoreilla, eli sähkömekaanisilla kytkimillä, joilla ohjataan virran kulkua. Ylikuumenemista voidaan vaihtoehtoisesti valvoa myös lämpötila-antureilla, jotka nimensä mukaisesti mitaavat vastuksen lämpöä. [24.]

4.2.2 Turvallisuus, standardit ja direktiivit

Kuormitusvastuksien suunnittelussa tulee ottaa huomioon käyttäjän sekä muun laitteiston turvallisuus. Turvallisuutta voidaan hallita vastusten teknisten ominaisuuksien lisäksi erilaisilla kansainvälisillä standardeilla. Loppuasennuspaikasta sekä eri maiden paikallissäädöksistä riippuen tulee kuormitusvastuksen täyttää vaaditut standardit. Frizlenin kuormitusvastukset täyttävät niin ikään tiettyjen

DIN- ja EN-standardien lisäksi ISO 9001 -standardin sekä UL-standardin. [20; 22.]

ISO 9001 -laatu järjestelmä on kansainvälinen standardi, joka asettaa vaatimuksia organisaation laadunhallintajärjestelmille. ISO 9001 -standardi auttaa rakentamaan, ylläpitämään sekä kehittämään organisaation laadunhallintajärjestelmää. Standardia käytetään yrityksissä työkaluna, jonka avulla varmistetaan, että tuotteet ja palvelut täyttävät asiakkaiden ja viranomaisten vaatimukset. Tämä luonnollisesti johtaa asiakaspalvelun ja -tyytyväisyyden paranemiseen, olettaen, että standardia noudatetaan johdonmukaisesti. [25.]

ISO 9001 -standardi kehitettiin alun perin tuotanto- ja teollisuusalojen tarpeisiin. Muun muassa Saksa kuuluu siihen kymmenen maan joukkoon, jolla on eniten ISO 9001 -sertifikaatteja. Standardin suora vaikutus mm. vastuksiin tulee esille sen tarjoamien tietojen hyödyntämisessä tuotteiden ja palveluiden laadun kehittämisessä sekä kansainvälisessä kilpailussa, sillä sitä pidetään luottamusta herättävänä tekijänä. [26.]

DIN (Deutsches Institut für Normung) on yleinen keskieurooppalainen teollisuustavaroiden valmistusta määrittelemä standardi. Frizlenin T600-sarjan vastuksien valmistusta määrittelee DIN-standardi IEC 664 (DIN EN 0110). Se asettaa vaatimuksia pienjännitesyöttöjärjestelmiin kytketyille laitteille, joiden vaihtovirta (AC) on enintään 1000 voltia ja tasavirta (DC) enintään 1500 voltia. Standardi asettaa vaatimuksia ilma- ja ryömintäväljen suhteen. Vaatimusten mukaiset ilman- ja ryömintävälit estävät sähkön hyppäämisen, joka voisi pahimmassa tapauksessa voi aiheuttaa valokaaren ja oikosulun. [22; 27.]

SFS-EN 61140 on niin ikään turvallisuuden perusstandardi, jossa määritellään elektronisia laitteita koskevat periaatteet sekä vaatimukset riittävän suojauksen toteuttamiseen sähköiskuilta. Standardi määrittelee laitteen perussuojauksen sekä vikasuojauksen. Ensin mainittu riittää suojaamaan sähköiskuilta ns. normaaleissa olosuhteissa. Vikasuojauksia käytetään perussuojauksen vikaantuessa. Molemmat suojaukset toteutetaan eristyksillä, jotka mitoitetaan suurim-

malle mahdolliselle jännitteelle sopiviksi. Vikasuojauksessa käytetään lisäeristeitä. Eristykset toteuttavat piirien välisen suojaerotuksen, jonka tarkoitus on suojata muita laitteita sekä niitä käyttäviä henkilöitä korkeilta jännitteiltä. Eristykset toteutetaan sopivilla ilmaväleillä, komponenttien ominaisuuksilla sekä pintaväleillä. EN 61140 -standardi koskee Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksia, jotka ovat IP-luokituksestaan vähintään 20. [22; 28.]

UL on turvallisuusstandardi, joka määrittelee peruseriaatteita sekä vaatimuksia sähkökomponenteille sekä niiden käyttöalueille. Vaikka UL-standardi taikka -hyväksyntä on kohdennettu Pohjois-Amerikan markkinoille, käytetään sitä myös monissa muissa maissa kansainvälisten palontorjuntavaatimusten vuoksi. Hyväksyntää käytetään takaamaan tasalaatuiset tuotteet, joiden tuotannossa käytetyt raaka-aineet ja prosessiparametrit ovat erikseen hyväksytyjä. Hyväksyntää kontrolloidaan useita kertoja vuodessa pistotarkastuksilla sekä laboratorioon lähetettävillä tuotenäytteillä. UL-hyväksyntä on saatavissa kaikille Frizlenin T600-sarjan vastuksille. Hyväksyntä on kuitenkin automaatio T600-sarjan standardituotteille. [18; 22.]

CE-merkintä tuotteessa tarkoittaa, että tuote täyttää EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset. CE-merkintä kuuluu yhdenmukaistettuihin standardeihin, joissa esitetään yksityiskohtaisia teknisiä määräyksiä tuotteille. Näiden määräyksien on tarkoitus auttaa mm. laitevalmistajia EU-tasoisien direktiivien noudattamisessa. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että merkinnällä varustetut tuotteet täyttävät tietyt direktiivit ja näin ollen saavat liikkua vapaasti EU:n alueella. Se ei varsinaisesti kuitenkaan ole yleinen turvallisuusmerkki taikka takaa tuotteen laatua tai paremmuutta. Näiden standardien noudattaminen on myös vapaaehtoista. [22; 30; 31.]

4.2.3 Sovelluskohteet

Kuten insinööriyön alussa mainittiin, käytetään kuormitusvastuksia hyvin laajasti eri toimialoilla ja erilaisissa sovelluksissa. Yleisiä sovelluskohteita ovat muun muassa teollisuusyritysten tuotteet ja laitteet, joita ovat esimerkiksi erilai-

set generaattorit, kuten tuulivoimageneraattorit. Tuulivoimageneraattoreihin voidaan asentaa Frizlenin T600-sarjan vastus, joka mahdollistaa tuulivoimalaitoksien energiatuotannon pitämisen vakiona myös sähkökatkojen sattuessa. [20; 22.]

Muita kuormitusvastuksien yleisiä sovelluskohteita ovat kenttätestaaminen sekä ylläpidolliset testaukset. Kenttätestauksessa kuormitusvastuksia käytetään uusien järjestelmien taikka tuotteiden toimivuuden testauksessa ennen tuotteiden lopullista hyväksyntää. Kenttätestauksessa kuormitusvastuksella selvitetään mahdolliset käytön aikana ilmenevät viat. Ylläpidolliset testaukset nimensä mukaisesti varmistavat jatkuvan viattoman käytön. [20.]

Kolmas merkittävä sovellusryhmä on dieselmootoreiden ylläpidon sekä suorituskyvyn heikkenemisen ennaltaehkäisy. Esimerkiksi kun dieselmoottori toimii pienellä kuormalla ei sen lämpötila pääse nousemaan optimaaliselle tasolle. Tämän seurauksena voi aiheutua polttoaineen heikkoa palamista ja tätä kautta polttoaineen päätymistä pakoputkistoon. Asentamalla dieselmoottoriin esimerkiksi Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastus, voidaan moottorin kuormaa kasvattaa, jolloin dieselmoottorin lämpötila pystyy nousta optimaaliselle tasolle. Tämä edesauttaa dieselmoottorin puhdasta käyntiä, joka vähentää vikoja ja kulumista, ja näin ollen pidentää moottorin käyttöikää. [19; 22.]

T600-sarjan jarruvastuksia käytetään esimerkiksi automatisoiduissa varastoissa, joissa hissit kuljettavat tuotteita korkeavarastoon. Näiden automatisoitujen hissien liikkumisen apuna käytetään jarruvastuksia, joiden tehtävänä on säädellä hissien liikkumisen tasaisuutta. Jarruvastus auttaa hissiä tasaisessa liikkeellelähdössä, jarruttamisessa ja kiihdyttämisessä. T600-sarjan jarruvastus toimii ohjausmoottoriyksikön taajuusmuuttajan kanssa. [19.]

5 Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastukset

Edellisessä luvussa käytiin läpi yleisesti kuormitusvastusten ominaisuuksia, sovelluskohteita rinnakkain Frizlenin T600-sarjan vastuksien kanssa sekä niitä

määritteleviä standardeja ja direktiivejä. Tässä kappaleessa tarkastellaan vielä tarkemmin T600-sarjan kuormitusvastusten rakennetta ja ominaisuuksia.

Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksia valmistetaan asiakaskohtaisina rakenteina. Vastukset voidaan valmistaa avoimina tai koteloituina, passiivi- tai aktiivijäähdytteisinä sekä teholuokiltaan 0,5 kilowattista 250 kilowattiin asti aina asiakkaan tarpeiden ja toiveiden mukaisesti. Vuosien kokemuksen aikana Frizlen GmbH:lle on muodostunut kattava valikoima standardituotteita, jotka on todettu toimiviksi ratkaisuiksi. Näiden valmiiden ratkaisujen lisäksi Sähkölehto tarjoaa räätälöityjä tuotteita vastaamaan asiakkaiden alati muuttuviin tarpeisiin. [19]

5.1 Rakenne

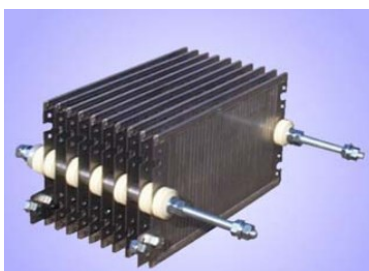
T600-sarjan kuormitusvastukset ovat ns. rakenteellinen ryhmä, jotka koostuvat teräsritilärakenteista. Tarkkaan ottaen T600-sarjan vastukset ovat rakennettu S-sarjan teräslevyelementeistä (kuvat 3, 4 ja 5). Teräslevyelementit yhdistetään läpivientipulteilla sekä kuppiprikoilla, ja näin luodaan niin kutsuttuja vastusyksiköitä (kuva 5). [32]



Kuva 3. Teräslevyvastus. [23]



Kuva 4. Teräslevyelementti kahdella kiinnikkeellä. [23]



Kuva 5. Oheisessa kuvassa Frizlenin T600-sarjan vastus, jossa kaksi M12-läpivientipulttia. [22]

Yhteen vastusyksikköön voidaan asentaa useampia teräslevyjä kasvattamaan teholuokitusta käyttämällä M12-läpivientipultteja ja laittamalla teräslevyjen väliin mica-eristeitä. Näin ollen kahden vierekkäisen teräslevyn välissä on aina yksi mica-eriste sekä virtaa johtava ruostumattomasta teräksestä valmistettu johdin. Mica on kiillemateriaali, jota käytetään sähköisenä eristeenä esimerkiksi vastuksissa vierekkäisten teräslevyjen välissä. [22.]

Vastuspalikka on esijännitetty kuppiprikoilla, joiden avulla vastusta pidetään siten jatkuvassa kosketuspaineessa. Tämä on hyvä tapa pitää vastuselementit tukevasti kiinni toisissaan ilman, että aiheutetaan liikaa painetta mica-eristeille, jotka halkeavat helposti liian kovasta paineesta. Vastusyksikkö voi koostua identtisistä teräslevyistä taikka toisistaan eroavista teräslevyistä. [22.]

T600-sarjan vastuselementit ovat erittäin vankasti rakennettuja ja siksi ne sopivat myös ympäristöihin, missä on jatkuvaa värinää. T600-sarjan vastuselementit ovat galvanoituja, mikä tekee niistä kestävämpiä korroosioita vastaan. Galvanoitu teräs on päällystetty sinkkikerroksella elektrolyytisesti tai upottamalla teräslevy sulaan sinkkiin. Galvanoitu teräs on myös edullisempaa kuin ruostumaton teräs. Teräslevyvastuksen resistanssi on lisäksi vähemmän riippuvainen ympäristön lämpötilasta verrattuna rautaisiin vastuksiin. Tämän ansiosta teräslevyvastukset kestävät hetken aikaa jopa ylikuormitusta, sillä ne kestävät korkeita lämpötiloja todella hyvin. Ks. kappale 5.3.2. [22.]

5.2 Ominaisuuksia

T600-sarjan vastusyksiköissä käytetyt komponentit on tehty kromiseoksesta ja lämpöä kestävästä teräslevyistä, joiden ominaisvastusarvo $0,75 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$. Tämä suhdeluku kertoo sen, kuinka paljon yksi teräslevy vastustaa virtaa pinta-alaansa suhteutettuna. Vastuselementtien resistanssi on riippuvainen siis teräslevyjen pinta-alasta (leveydestä). Vastuselementit ovat reititettyjä sen muotoisiksi, että virta joutuu kulkemaan monien mutkien kautta päästäkseen eteenpäin. Tällaisella muotoilulla vaikeutetaan virran kulkua vastuslevyn läpi. Nämä mutkat yksinkertaisuudessaan luovat vastuksen. [22; 18; 19.]

T600-sarjan vastuksissa käytetyt S-sarjan vastuselementit (teräslevyt) ovat vastusarvoiltaan 0,022–5,6 Ohmia (Ω). T600-sarjan teräslevyjä voidaan yhteen vastusyksikköön laittaa enintään 30, jolloin yhden yksikön maksimaalinen vastusarvo voi olla 168 Ω . Yhden teräslevyn teho on tyypillisesti 500 wattia. Näitä vastusyksiköitä voidaan asentaa tarpeen mukaan useampia samaan sovellukseen. [22.]

Teräslevy-vastuselementtien lämpötila vaikuttaa niiden vastusarvoon vähemmän kuin rautavastuksiin, mutta kuitenkin enemmän kuin lankavastuksissa. Teräslevyvastuksissa vastusarvo nousee arviolta 15 % kylmän ja kuumen lämpötilan välillä niin, että vastusarvo on noin 8 % korkeampi kylmissä olosuhteissa ja noin 7 % matalampi vakiokäyttölämpötilassa. Tuotantotoleranssi on tällöin +-10 %. [22.]

Teräslevyvastuksien energian vastaanottokyky vaihtelee lämpötilan kasvaessa käyttölämpötilasta +300 kelviniin. Tämä vaikuttaa vastuksien vastusarvoon 50–70 kW. Vastusarvo on siis suoraan verrannollinen lämpötilaan. Tämä tarkoittaa sitä energian vastaanottokykyä per vastuselementti, joka lämmittää elementin maksimilämpötilaansa + 300 kelviniin. Toisin sanoen yksi vastuselementti pystyy vastaanottamaan 50–70 kilowattia energiaa lämmitäkseen maksimaaliseen lämpötilaansa. [22.]

5.3 Kotelointi

T600-sarjaan kuuluvan vastuksen integroinnin helpottamiseksi kulloinkin kyseessä olevaan sovellukseen ja sen vaatimaan suojaustasoon, käytetään erilaisia kotelointeja (kuva 6). Kotelot on valmistettu kuumasinkitystä/kuumagalvanoidusta ja/tai rei'itetystä teräslevyistä. Koteloihin on myös saatavilla ylimääräinen lakka RAL 7032, tai vaihtoehtoisesti kotelon voi valita ruostumattomasta teräksestä, joka edelleen lisäävät ko. vastuksen suojaustasoa ja kestävyyttä. [19; 22.]



Kuva 6. Esimerkkejä koteloiduista teräslevyvastuksista. IP-luokitus vasemmalta oikealle IP23, IP20 ja IP00 [23]

5.3.1 IP-luokitusjärjestelmä

Yhtä turvallisuuteenkin liittyvänä tekijänä voidaan pitää IP-luokitusjärjestelmää, joka on kansainvälinen sähkölaitteiden ja laitekoteloiden tiiviyyttä kuvaava järjestelmä. Vaikka pääasiassa merkintä kertoo vastuksen suojausluokasta erilaisia kappaleita ja nestettä vastaan, on sillä näin merkitys myös laitteen tai sovelluksen turvallisen käytön suhteen. [29]

Suojausmerkintä koostuu kahdesta numerosta, joista ensimmäinen kuvaa laitteen suojauksen vierailta esineitä sekä pölyä vastaan, ja toinen vettä sekä kosteutta vastaan (taulukot 1 ja 2). [29]

Taulukko 1. IP-koodin ensimmäisen numeron selitykset.

Ensimmäinen numero	Suojaustaso
0	Ei suojausta.
1	Suojaus suuria kappaleita vastaan, halkaisija 50 mm tai suurempi.
2	Suojaus keskikokoisia kappaleita vastaan, halkaisija 12,5 mm tai suurempi.
3	Suojaus pieniä kappaleita vastaan, halkaisija 2,5 mm tai suurempi.
4	Suojaus erittäin pieniä kappaleita vastaan, halkaisija 1 mm tai suurempi.
5	Suojattu pölyltä. Ei edellytä täydellistä tiiveyttä, mutta haitallisia pölykertymiä ei saa syntyä.
6	Täydellinen suojaus. Pölytiivis.

Taulukko 2. IP-koodin toisen numeron selitykset.

Toinen numero	Suojaustaso
0	Ei suojattu vedeltä.
1	Suojaus pystysuoraan tippuvalta vedeltä.
2	Suojaus pystysuoraan tai korkeintaan 15 asteen kulmassa tippuvalta vedeltä.
3	Suojaus korkeintaan 60 asteen kulmassa satavaa vettä vastaan.
4	Suojaus roiskuvalta vedeltä.
5	Suojaus joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta.
6	Suojaus joka suunnasta tulevalta voimakkaalta vesisuihkulta.
7	Kestää hetkellisen upotuksen veteen
8	Kestää hetkellisen upotuksen veteen. Lisämerkintänä voi olla suurin asennussyvyys. Yleensä laite on täysin tiivis, mutta ei välttämättä, vaan vettä voi päästä laitteen sisälle niin, ettei se aiheuta haitallisia vaikutuksia.

Tämän lisäksi numerokoodin perässä voi olla lisäkirjainmerkintöjä tai toisen numeron tilalla esimerkiksi kirjain X, jolloin suojausvaatimusta kyseiselle ominaisuudelle ei ole. Lisäkirjainmerkinnät voivat kertoa muun muassa vastuksen suojaustasosta määritellyjä esineitä kohtaan. Lisäkirjainta voi vielä täydentää toinen kirjain, joka kertoo laitteen kestävyydestä esimerkiksi erityisiä sääoloja vastaan. [18; 29]

Frizlenin vastuksia tarkastellessa IP-luokitus asettuu jollekin alla olevassa taulukossa näkyvälle tasolle 00, 20¹, 20 tai 23. Kuten kuvasta 7 on luettavissa, Frizlenin vastukset kestävät keskikokoisia kappaleita, joiden halkaisija on vähintään 12,5 mm tai enemmän. IP00-luokassa suojausta kappaleita vastaan ei ole, vaan käyttäjän tulee itse suojata vastus. IP23-luokitellut vastukset kestävät kappaleiden lisäksi korkeintaan 60 asteen kulmassa satavaa taikka roiskuvaa vettä. IP20¹-luokkaan kuuluvilla vastuksilla on muuten samat ominaisuudet kuin IP20-luokkaan kuuluvilla vastuksilla, mutta kyseisellä suojausmerkinnällä varustetut

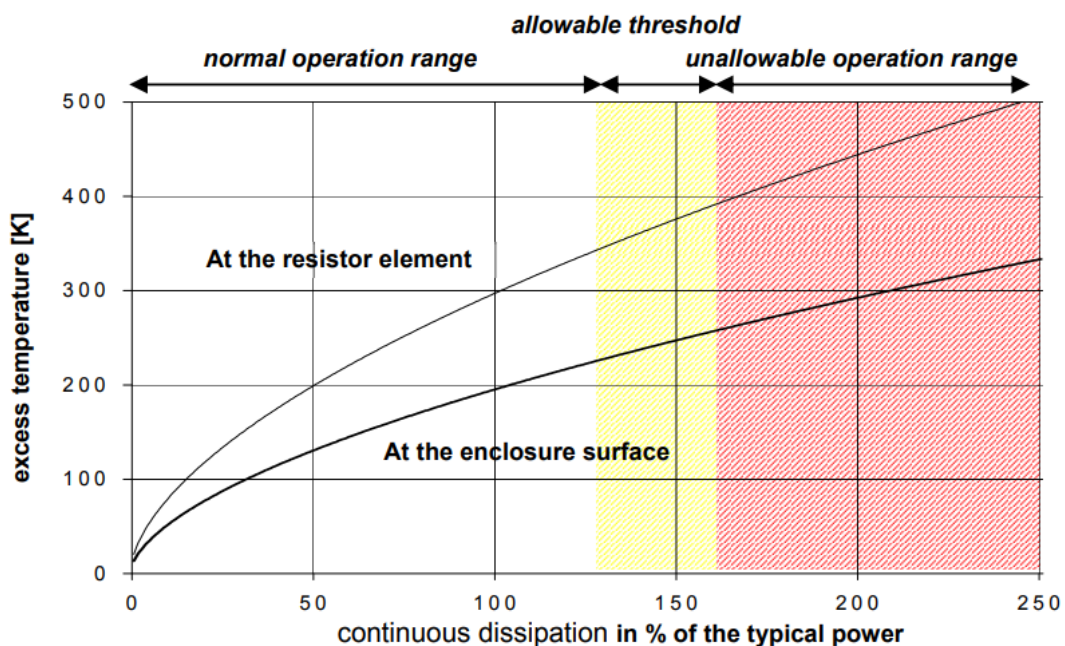
vastukset tulee asentaa tarkoin määritellylle alustalle taikka pinnalle. Myös ko. vastuksen asennussuunnalla voi tässä tapauksessa olla väliä. [19; 22.]

Type series	Degree of protection	First digit degree of protection against access & solid foreign objects	Second digit degree of protection against water
IP 00	S FE FK..	IP 00	Non-protected
IP 20 ^①	FGF..	IP 20 ^①	Non-protected
IP 20	FA.. FAV..	IP 20	Non-protected
IP 23	FS.. FSV..	IP 23	Protected against spraying water. Water sprayed at an angle up to 60° on either side of the vertical shall have no harmful effects. (for outdoor location)

Kuva 7. Tyyppisarjojen ja suojausasteiden korrelaatio. [22]

5.3.2 Tekniset ominaisuudet

Alla oleva kuvaaja (kuva 8) kuvaa lämpötilan ja jatkuvan dissipaation (hajoamisen) välistä suhdetta, joka ilmenee T600-sarjan vastuksissa. Käyttötarkoituksesta riippuen, T600-sarjan vastuksien jatkuvaa dissipaatiota voidaan lisätä korkeamman käyttölämpötilan saavuttamiseksi. Esimerkiksi 130 % tehon lisäyksellä vastuselementin pinnan lämpötila nousee 350 kelviniä. Kuormitusvastuksissa, joissa vastusyksiköitä on useita ja joissa IP-suojausluokka on 23, voidaan saavuttaa jopa 500 kelvinin lämpötilan nousu. Muissa tilanteissa (sovelluksissa, joissa IP-taso on vähemmän kuin 23) näin suuri lämpötilan nousu ei ole mahdollista ja dissipaatiota on vähennettävä turvallisuussyistä. Tämä johtuu ympärillä olevista komponenteista, jotka eivät kestä näin suuria lämpötiloja. [19; 22.]



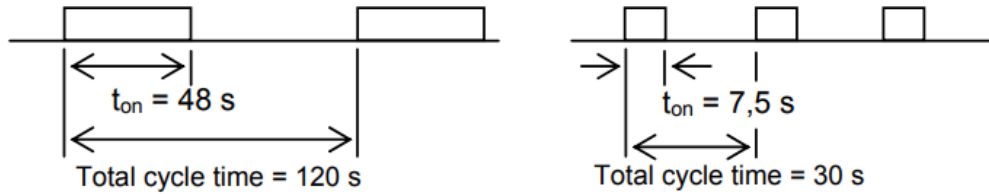
Kuva 8. Lämpötilan nousun ja jatkuvan hajoamisen (dissipaation) välinen suhde. [22]

T600-sarjan vastuksien normaalissa käytössä dissipaatio asettuu johonkin 0 ja 130 prosentin välille. Tätä aluetta suositellaan, kun tavoitteena on vastuksen mahdollisimman pitkä ja viaton käyttöikä. T600-sarjan vastuksilla on mahdollista saada myös 130 ja 160 prosentin käyttöalue. Näissä dissipaation tasoissa on vaarana, että vastuksen käyttöikä lyhenee ja riski vioille kasvaa. Yli 160 % dissipaatiota ei ole "sallittua" edes käyttää, sillä tämä johtaa helposti liian suuriin lämpötiloihin, vastuksen vioittumiselle ja sen ympärillä olevien komponenttien rikkoutumiselle. [19; 22.]

5.3.3 Duty cycle factor (DCF) ja overload factor (OLF)

Monissa sovelluksissa vastuksia ei kuormiteta jatkuvalla syötöllä, vaan niitä käytetään jaksoittain. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vastus toimii aina tietyn määritellyn ajan, ja tämä ajan jälkeen se on niin sanotussa lepotilassa. Käyttöjakso on suhdeluku, jossa vastuksen käyttöaika jaetaan kokonaiskäyttöajalla, johon luetaan myös vastuksen lepotila (kaava 4). [22]

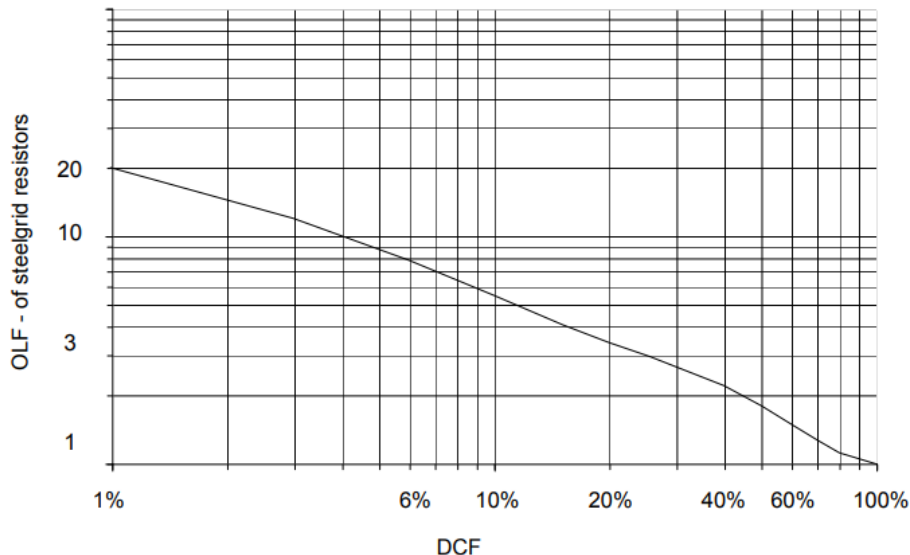
$$\text{Duty cycle factor (DFC)} = \frac{\text{Switch on time}(t_{on})}{\text{Total cycle time}} \quad (3)$$



Kuva 9. Käyttöjakso esitettynä kuvissa. [22]

Kuvassa 9 näkyy aktiivinen aika (joko 48 tai 7,5 sekuntia) sekä koko jakson pituus (ensimmäisessä kuvassa 120 s ja toisessa 30 s). Kun vastuksia käytetään sykleissä, on tarkoituksenmukaista laskea niiden lyhytaikainen dissipaatio. Voimme laskea vastuksen lyhytaikaisen dissipaation käyttämällä apunamme käyttöjakson arvoa (DLF) sekä ylikuormitustekijää (OLF). [22.]

Kuvassa 10 on käytetty esimerkkinä vastusta, jonka lyhytaikainen dissipaatio on 100 kilowattia 48 sekunnissa ja käyttöjakso 120 sekuntia.



DCF	1%	3 %	6%	15%	25%	40%	60%	80%	100%
OLF	20	12	7,6	4,0	3,0	2,2	1,5	1,12	1,0

Kuva 10. Käyttöjakson ja ylikuormitustekijän välinen suhde. [22]

Kuten kuvasta voidaan lukea, on kuormitusvastuksen ylikuormitustekijän sekä käyttöjakson välinen suhde on laskeva. Mitä pienempi on ylikuormitustekijä, sitä lähemmäs käyttöjakson maksimaalista kestoja päästään ja toisin päin – mitä pitempi käyttöaika (max. 120 s) sitä pienempi voi ylikuormitustekijä olla.

Jatkuva dissipaatio tulee selvittää siksi, koska kuormitusvastusta valitessa tulee tietää, paljonko vastus jatkuvalla syötöllä pystyy dissipoiamaan tehoa, eli hajottamaan energiaa lämmöksi. Kuten aikaisemmin on mainittu, lyhytaikaista dissipatiota hyödynnetään silloin, kun vastukseen halutaan syöttää kerralla enemmän tehoa. Lyhytaikaisesti vastusta voidaan siis ylikuormittaa. Alla olevassa kaavassa kuvataan, miten jatkuva ja lyhytaikainen dissipaatio lasketaan ylikuormitustekijän avulla.

$$\text{Short time dissipation} = \text{Continuous dissipation} \times \text{Overload factor (OLF)} \quad (4)$$

$$\text{Continuous dissipation} = \frac{\text{Short time dissipation}}{\text{Overload factor (OLF)}} \quad (5)$$

Frizlenin kuormitusvastuksissa yhden kokonaissyklin käyttöaika on maksimissaan 120 sekuntia. Tämän 120 sekunnin aikana vastuksella voi olla useampia toimintasyklejä (kuva 9), joiden pituus voi vaihdella kuorman suuruudesta ja vastuksen lämpötilasta riippuen. Frizlenin vastuksien käyttöaika voi olla myös lyhyempi, mutta esimerkiksi sähkö- tai dieselmootoreilla sekä muilla generaattoreilla käyttöaika voi olla pidempikin. [22.]

Suunniteltaessa kuormitusvastusta asiakkaalle on otettava huomioon tuleva käyttötarkoitus. Tarve voi olla jatkuvalla taikka sykliittaiselle dissipaatiolle. Mikäli asiakas valitsee kuormitusvastuksen jatkuvalla dissipaatiolla, on tällöin valittava sellainen vastus, joka pystyy jatkuvaan dissipaatioon kulloisessakin tilanteessa tarkkaan määritetyllä teholla. Jos asiakas tarvitsee sykliittain toimivan kuormitusvastuksen, voidaan silloin valita matala tehovaatimus jatkuvalla dissipaatiolle, jolloin kuormitusvastusta voidaan ylikuormittaa sykliittain niin, ettei se vioitu. Sykliittaisen kuormitusvastuksen käyttö mahdollistaa matalamman jatkuvan dissipaation ja näin ollen se on myös kustannustehokkaampi.

6 Kilpailu ja menekin kasvattaminen

Kun tavoitteena on tarkastella T600-sarjan vastuksien menekkiä Suomessa, on tarkoituksenmukaista tarkastella myös kilpailevia yrityksiä, tuotteita sekä toimialoja, joilla hyödynnetään kuormitusvastuksia. Menekin ollessa Saksassa huomattavasti suhteutettuna volyymiltaan suurempaa, on huomionarvoista myös tarkastella eroja Suomen ja Saksan markkinoilla.

Kilpailu- tai markkinatilanteen tarkastelu on kuitenkin jokseenkin hankalaa. Tämä johtuu siitä, ettei tarkkoja tietoja asiakkaista voida antaa yrityssalaisuuden vuoksi. Vaikeaa tarkastelusta tekee myös se, ettei Frizlenin T600-sarjan vastuksilla ole kovaa kilpailua Suomessa, sillä vastaavien tuotteiden myynti on Suomessa melko vähäistä. Tämä ei kuitenkaan selitä T600-sarjan kuormitusvastuksien heikompaa myyntiä. [1; 19.]

6.1 Kilpailu

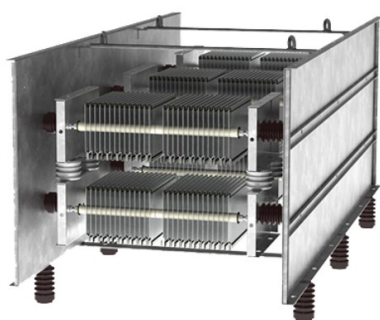
Jokaisella Sähkölehdon päämiehellä on omat niin sanotut pahimmat kilpakumppaninsa. Ne eivät kuitenkaan ole paikallisesti aina samoja verrattuna globaaleihin markkinoihin; joku kilpailija voi olla vahva Suomessa, mutta ei muualla ja toisin päin. Vaikka Frizlenin T600-sarjan vastuksille on vaikea löytää vertaistaan, voidaan sen niin sanotuksi pahimmaksi kilpailijaksi nimetä tanskalainen Danotherm Electrics A/S, jonka kuormitusvastukset ovat ominaisuuksiltaan lähimpänä Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksia. Danothermin ja Frizlenin kehittämien ja tuottamien kuormitusvastusten kilpailu perustuu kuitenkin pääasiassa kahdelle tekijälle – jakeluverkostolle sekä tuotteiden samankaltaisille ominaisuuksille. [18; 19.]

Danothermin etu kuormitusvastusten myynnissä ja jakelussa Suomen markkinoilla Frizlenin nähden on muun muassa sen laajempi jakeluverkosto. Danothermin kuormitusvastuksia jakelevat useammat eri yritykset Suomessa, mikä luonnollisesti helpottaa suuremman markkina-alueen hallintaa ja näin mahdollistaa myös hintakilpailun. [33.]

Frizlenin tavoin Danothermilla on nimetyt jakelijansa Suomessa. Tuotteita myyvät muun muassa Solfox Oy sekä Elgood Oy. Sähkölehtoon verrattuna Elgood Oy luo suuremman kilpailun sen laajan tuotevalikoiman ja kilpailukykyisten hintojen vuoksi. Sähkölehto ei toisaalta pyrikään kovaan hintakilpailuun, vaan sen tavoitteena on tuottaa laadukasta asiakaskohtaista palvelua sekä ratkaisuja, joihin kilpailevat yritykset eivät välttämättä omilla tuotteillaan pysty. [19; 33.]

Ominaisuuksiltaan Danothermin tuotteet eivät täysin kykene yltämään Frizlenin T600-sarjan vastusten tasolle matalamman teholuokituksensa vuoksi. Kuten aiemmin mainittu, Frizlenin kuormitusvastukset yltävät jopa 500 kilowatin teholuokkiin, kun taas Danothermin vastaavat jäävät noin puoleen tästä tehosta. [35]

Danothermin kuormitusvastuksia käytetään muun muassa hisseissä, liukupor-
taissa, kuljetushihnoissa sekä nostureissa. Frizlenin kuormitusvastusten tapaan niitä hyödynnetään muun muassa myös erilaisissa generaattoreissa, kuten tuulivoimageraattoreissa sekä laivojen kansikoneissa. Näiden kilpailevien tuotteiden sovelluskohteet ovat siis pääosin samoja tai samankaltaisia. [23; 35.]



Kuva 11. Danothermin kuormitusvastus. [35]

Kuten kuvasta 11 huomataan, Danothermin kuormitusvastus on rakenteeltaan hyvin samankaltainen Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksiin verrattuna. Danothermin teräslevyjä on asennettuna useampi riviin, ja niiden välistä löytyy

eristeet sekä läpivientipultit, kuten Frizlenin T600-sarjan tuotteissa. Kuormitusvastusten eroavaisuudet liittyvät pääasiassa teholuokituksiin, erilaisten tuotevaihtoehtojen valikoiman laajuuteen sekä kuormitusvastusten hintaan.

6.2 Laki

Yksi syy erilaiselle kilpailutilanteelle Saksan ja Suomen välillä on Saksassa vallitseva laki, jossa säädetään generaattoreille pakolliset testaukset kerran kuukaudessa. Testauksessa halutaan varmistaa generaattorien kunto. Tämä helpottaa kuormitusvastusten myyntiä Saksassa, sillä generaattoreiden testaus suoritetaan vastuksilla. [1]

6.3 Infrastrukturi

Saksassa kuormitusvastuksia myydään enemmän myös sen vuoksi, ettei hukcatehoa voida syöttää takaisin pääverkkoon. Tämä tarkoittaa sitä, että kuormitusvastuksella joudutaan tasamaan sähköpiirin jännitevaihteluita, jotka johtuvat sähkölaitteiden toiminnasta. Suomessa hukcatehoa voidaan syöttää lähes poikkeuksetta takaisin pääverkkoon, minkä vuoksi kuormitusvastuksia ei tarvita loistehon muuttamiseen lämmöksi. [1; 36.]

Saksassa loistehon syöttäminen pääverkkoon ei kaikissa tilanteissa ole mahdollista muun muassa vanhahkon infrastruktuurin vuoksi. Saksassa teknologian kehitys on ollut huomattavasti nopeampaa kuin Suomessa ensimmäisen ja toisen teknologisen vallankumouksen aikoina. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että Saksassa on käytössä huomattavasti laajemmin vanhoja verkkoja, joita ei ole vaihdettu vielä ns. nykyaikaisiin, joiden avulla loistehon siirto olisi mahdollista. [1; 36.]

6.4 Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksien menekin kasvattaminen

T600-sarjan kuormitusvastuksien myynnin ja markkinaosuuden kasvattaminen Suomessa on osoittautunut vaikeaksi tehtäväksi. Potentiaalisia asiakkaita on

löytynyt toistaiseksi vain kaksi ja nykyisen hankalan globaalin tilanteen takia monet yritykset ovat keskeyttäneet uusien projektien aloittamisen. Tämä tarkoittaa sitä, ettei uusiasiakasmyyntiä ole mahdollista tehdä samalla tavalla kuin vaakaammassa taloudellisessa tilanteessa.

Uusien potentiaalisten asiakkaiden tunnistamista varten, tulisi Sähkölehdon käydä läpi sen kaikki nykyiset asiakkaat sekä asiakkaiden projektit ja sovellukset, joissa Frizlenin T600-sarjan vastuksia hyödynnetään. Tällä tavoin saataisiin tarkka ja kattava kuvaus siitä, millaisissa sovelluksissa tai aloilla T600-sarjan vastuksia eniten hyödynnetään. Sähkölehdolla on tunnistettu, että laitevalmistajat ovat sen parhaita ja näin ollen kannattavimpia asiakkaita. Tämä johtuu siitä, että uusintaostoja tulee usein.

Suomesta löytyi kaksi suurta potentiaalista uutta asiakasta, joille Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastuksia olisi mahdollista myydä. Kyseiset yritykset ovat maatalouskoneisiin dieselmoottoareita valmistava Agco Power sekä usealla teollisuuden alalla toimiva Wärtsilä. Agco Power valmistaa kuitenkin generaattoreitaan useissa eri maissa, kuten Kiinassa, josta se myöskin saa generaattoreihinsa kuormitusvastuksia. Kun tuotteen kehitys, valmistus ja myynti tapahtuvat Kiinassa, ei kuormitusvastuksien tuonti Saksasta tai Suomesta ole kustannustehokasta. [37.]

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutustua yksityiskohtaisesti Frizlen GmbH:n T600-sarjan kuormitusvastuksiin, niiden fyysisiin ja teknisiin ominaisuuksiin sekä yleisimpiin sovelluskohteisiin. Yksityiskohtaisen tutkimuksen tavoitteena on toimia Sähkölehdon sekä Frizlenin tukena löytää syitä T600-sarjan kuormitusvastusten suhteellisesti heikompaan myyntiin Suomessa verrattuna Saksaan, sekä tarkastella mahdollisia toimia niiden menekin lisäämiseksi.

Tutkimuksen materiaaleina käytettiin vastuksista kertovaa kirjallisuutta, Sähkölehdon sekä Frizlen GmbH:n sähköisiä materiaaleja, esitteitä sekä keskusteluja kollegoiden kanssa Sähkölehdolla sekä Frizlenin edustajan kanssa. Frizlen GmbH:n T600-sarjan vastuksien tarkastelussa käytiin läpi kyseisten tuotteiden tärkeimpiä ominaisuuksia sekä niiden hyödynnettävyyttä.

Insinööriyön edetessä kuormitusvastuksien fyysiset ja tekniset ominaisuudet sekä mahdollisuudet avautuivat itselleni paremmin. Työ tulee tukemaan oman myyntityöni lisäksi Sähkölehdon muuta teknistä myyntihenkilöstöä ymmärtämään tarkemmin päämies Frizlenin kuormitusvastusten ominaisuuksia sekä käyttökohteita.

Haasteeksi työssä osoittautui markkinatilanteen sekä kilpailijoiden tutkiminen vähäisen materiaalin vuoksi. Markkinatutkimuksia vastaavista tilanteista ei ole Sähkölehdolla tehty. Voidaan kuitenkin todeta, että tekninen selvitystyö sekä sovelluskohteiden ja markkinoiden tarkastelu oli paikallaan tarkentamaan ja vahvistamaan Sähkölehdon asiantuntemusta ja osaamista.

Tutkimuksen aikana selvisi, että Frizlenin T600-sarjan kuormitusvastusten selvästi yleisin käyttökohde on erilaiset generaattorit, Sähkölehdon ja Frizlenin parhaimpia asiakkaita laitevalmistajat, ja että T600-sarjan kuormitusvastuksilla päästään selkeästi kilpailijoita parempiin teholuokkiin. Näitä tietoja sekä tätä insinööriyötä hyödyntäen on mahdollista lähteä tekemään tarkempaa markkinatutkimusta ja tätä kautta uusasiakashankintaa.

Lähteet

- 1 Zimmerman, Simon. Sähköpostikeskustelu. 2021. Tekinen myyjä, Frizlen GmbH. 1.11.2021 Helsinki.
- 2 Yritys. 2021. Verkkoaineisto. Sähkölehto Oy. <<https://sahkolehto.fi/yritys/>> Luettu 5.11.2021.
- 3 Toimialat. 2021. Verkkoaineisto. Sähkölehto Oy. <<https://sahkolehto.fi/toimialat/>> Luettu 5.11.2021.
- 4 100 years Frizlen. 2021. Verkkoaineisto. Frizlen GmbH. <<https://www.frizlen.com/en/company/profile/100-years-frizlen/>> Luettu 5.11.2021.
- 5 About us. 2021. Verkkoaineisto. Frizlen GmbH. <<https://www.frizlen.com/en/company/profile/about-us/>> Luettu 5.11.2021.
- 6 Yhteistyökumppanit. 2021. Frizlen GmbH. <<https://www.frizlen.com/en/company/contact-frizlen/sales-partners-worldwide/>> Luettu 5.11.2021.
- 7 Why Frizlen. Verkkoaineisto. Frizlen GmbH. <<https://www.frizlen.com/en/company/profile/why-frizlen/>> Luettu 5.11.2021.
- 8 Saksa. 2021. Verkkoaineisto. Euroopan Unioni. <https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/country-profiles/germany_fi> Luettu 10.11.2021.
- 9 Industries. 2021. Verkkoaineisto. Frizlen GmbH. <<https://www.frizlen.com/en/industries/>> Luettu 5.11.2021.
- 10 Esite, yritys- ja tuoteportfolio. 2021. Frizlen GmbH. Ei saavutettavissa julkisesti. Luettu 8.11.2021
- 11 Suomi. 2021. Verkkoaineisto. Euroopan Unioni. <https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/country-profiles/finland_fi> Luettu 10.11.2021.
- 12 Toimialat. 2021. Verkkoaineisto. Sähkölehto Oy. <<https://sahkolehto.fi/toimialat/>> Luettu 5.11.2021.
- 13 Frizlenin tehovastukset ja jarruvastukset. 2021. Verkkoaineisto. Sähkölehto Oy. <https://sahkolehto.fi/product-category/automaatio/frizlen_tehovastukset_ja_jarruvastukset/> Luettu 10.22.2021.
- 14 Volotinen, Vesa 1997. Analoginen elektroniikka. Komponentit ja peruskytkennät. Porvoo: WSOY.
- 15 Salo, Pentti 2002. Sähkötekniikan perusoppi. Keuruu: Otava.
- 16 Volotinen, Vesa; Lesch, Kaj-Birger; Haaksikari, Jorma 1989. Elektroniikka 1 – Analoginen elektroniikka. WSOY.
- 17 Vastus. 2021. Verkkoaineisto. Peda.net

- <<https://peda.net/p/RiikkaKotiranta/efysiikka-7-9e/sahkomagnetismi/komponentit/vastus> luettu 10.11.2021
- 18 Samppa, Kimmo. Avainasiakasjohtaja. Keskustelu. 2021. Sähkölehto Oy. 10.11.2021. Helsinki.
 - 19 Laukkanen, Miikka. Tuotepäällikkö. Keskustelu. 2021. Sähkölehto Oy. 11.11.2021. Helsinki.
 - 20 Egisa (2010). On-Site Power Generation: A Reference Book. USA: Egisa.
 - 21 What is a Load Bank? 2017. Verkkoaineisto. Simplex, Inc. <<https://hurtado.cc/wp-content/uploads/lb.pdf> luettu 20.12.2021 luettu 12.12.2021
 - 22 T600E Techinal list. 2021. Verkkoaineisto. Frizlen GmbH. Ladattavissa osoitteesta: <<https://www.frizlen.com/en/products/product-groups/steel-grid-fixed-resistors/>> Luettu 14.12.2021.
 - 23 Steel-grid resistors. 2021. Verkkoaineisto. Frizlen GmbH. <<https://www.frizlen.com/en/products/product-groups/steel-grid-fixed-resistors/>> Luettu 15.12.2021.
 - 24 Frizlen tehovastukset ja jarruvastukset. 2021. Verkkoaineisto. Sähkölehto Oy. <https://sahkolehto.fi/product-category/frizlen_tehovastukset_ja_jarruvastukset/> Luettu 11.12.2021.
 - 25 ISO 9001 Laadunhallinta. 2021. Verkkoaineisto. Suomen standardoimisliitto. <<https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositus-standardit/iso-9001-laadunhallinta/>> Luettu 10.12.2021.
 - 26 Laadunhallintajärjestelmä ISO 9001. Verkkoaineisto. Pro PK-Pilvipalvelut. <<https://www.iso9001.fi/>> Luettu 10.12.2021.
 - 27 E DIN EN 60664-1 VDE 0110-1. 2021. Verkkoaineisto. VDE. <<https://www.vde-verlag.de/standards/1100540/e-din-en-60664-1-vde-0110-1-2019-01.html>> Luettu 15.12.2021.
 - 28 SFS-EN 61140/A1:2007. Suojaus sähköiskulta. Asennusten ja laitteiden yhteiset ominaisuudet. Vahvistettu 2007. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
 - 29 IP-luokitus. 2021. Verkkoaineisto. STEK. <<https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkojarjestelmat/ip-luokitus/>. Luettu 1.12.2021.
 - 30 CE-merkintä. 2022. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#7452388e>> Luettu 10.1.2022.
 - 31 CE-merkintä. 2022. Verkkoaineisto. Suomen Standardoimisliitto. <<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/ce-merkinta/>> Luettu 15.1.2022.
 - 32 Tuote-esite. 2022. Sähkölehto Oy. Ei saavutettavissa julkisesti. Luettu 15.1.2022.
 - 33 Our Distributors. 2022. Verkkoaineisto. Danotherm. <<https://www.danotherm.com/distributors>> Luettu 20.1.2022.

- 34 Steel grid resistors. 2022. Verkkoaineisto. Danotherm.
<<https://www.danotherm.com/power-resistors/cooling-method/self-cooled/steel-grid-resistors>> Luettu 10.2.2022.
- 35 Datasheet. 2022. Verkkoaineisto. Danotherm. Ladattavissa osoitteessa:
<<https://www.danotherm.com/power-resistors/cooling-method/self-cooled/steel-grid-resistors>> Luettu 11.2.2022.
- 36 Nevalainen, Toni. Teknologiapäällikkö. Keskustelu. Keravan Energia. 12.2.2022.
- 37 Yritys. 2022. Verkkoaineisto. Agco Power.
<<https://www.agcopower.com/fi/yritys/agco-konserni/>> Luettu 20.2.2022.