

Raportti  
Kaapelinmitoitusten vertailu  
Niklas Myllymäki  
27.6.2023

# RAPORTTI

# KAAPELINMITOITUSTEN VERTAILU

Niklas Myllymäki

Raportti  
Kaapelinmitoitusten vertailu  
Niklas Myllymäki  
27.6.2023

## Sisällys

KAAPELINMITOITUSTEN VERTAILU.....	3
KÄSIN TEHTÄVÄ MITOITUS.....	3
EXCELILLÄ TEHTÄVÄ MITOITUS .....	3
EL-VIS MITOITUS.....	4
PÄÄTELMÄT .....	5

**LIITE 1 Käsien mitoitukset**

**LIITE 2 Excel mitoitukset**

**LIITE 3 Excel mitoitukset 2**

**LIITE 4 El-Vis mitoitukset**

# KAAPELINMITOITUSTEN VERTAILU

Tässä raportissa vertaillaan neljää erilaista kaapelinmitoitustapaa. Kaapelinmitoitukset tehdään keskenään identtisiin kohteisiin ja mitoitustapoina käytetään käsin vihkoon tehtävä mitoitus, excelillä toteutettu mitoitus ilman valmista pohjaa, excelillä valmiilla pohjalla tehty mitoitus ja EI-Vis kaapelinmitoitustyökalua.

Tavoitteena on vertailla perinteisten mitoitustapojen tehokkuutta. Vertailussa lähtökohtana on saada selville mitoituksiin käytettävä aika eri tavoilla ja mitoitustyön tulos tulisi vastata ulkonäöltään EI-Vis -ohjelmasta saatavaa tulostetta.

Laskennan kohteena on mitoittaa yksittäinen kaapeli, joka liitetään olemassa olevaan keskukseseen. Oikosulkuvirta keskuksella kaapelin liitäntäpisteessä on 430 A ja oikosulkuimpedanssi 0,510  $\Omega$ . Mitoitettavan kaapelin pituus on 120 m ja kaapeli syöttää 6 kW symmetristä ja resistiivistä kolmivaihekuormaa, jonka nimellisvirta on 8,7 A.

Suojalaitteena sulakesuojaus 0,4 s laukaisuajalla, ei vikavirtasuojasta.

Kaapelireitti kulkee seinäpinnalla, katossa tikashyllyllä (>9 rinnakkaista kaapelia) ja maassa. Kaapelityyppinä MCMK.

## KÄSIN TEHTÄVÄ MITOITUS

Käsin tehtävä mitoitus perustuu puhtaasti laskettavien arvojen etsimiseen standardista ja laskelmien tekoon ruutuvihkoon käyttäen Casio fx-115MS -funktiolaskinta.

Laskelmista tehtiin myös tulostesivu, josta ilmenee lasketut arvot, ja mihin standardeihin tai laskukaavoihin ne perustuvat.

Laskelmien tekemisessä kului aikaa 1 tunti ja 17 minuuttia. Lisäksi yksinkertaisenkin word-muotoisen tulostesivun (Liite 1) koostamiseen voi varata aikaa noin 30 minuuttia. Laskelmien teossa otettiin huomioon kaikki se aika, mikä meni standardin, käsikirjojen tai muun lähdekirjallisuuden selaamiseen, jotta laskelmien teko oli ylipäänsä mahdollista.

## EXCELILLÄ TEHTÄVÄ MITOITUS

Excelillä tehtävä mitoitus jaetaan kahteen eri tapaukseen. Ensimmäisessä luodaan Excel-mitoitustyökalu tyhjästä ja toisessa mitoituksessa käytetään uuden mitoituksen tekoon aiemmin luotua pohjaa.

Excel-mitoitustyökalun, joka pitää sisällään laskennan kannalta tarpeelliset kaavat ja jonka avulla saadaan tehdyt laskelmat yhdelle A4-tulosteelle (Liite 2), pystyy luomaan noin 1 tunnissa ja 21 minuutissa.

Raportti  
Kaapelinmitoitusten vertailu  
Niklas Myllymäki  
27.6.2023

Nyt luodulla pohjalla täytyy kuitenkin kuormitettavuuden tarkasteluissa käyttää standardikirjaa, eli kuormitettavuuden osalta täysin automatisoidun Excel-työkirjan luominen veisi huomattavasti pidemmän ajan.

Kun olemassa olevaa Excel -mitoitustyökalua käytetään uuden tilanteen laskemiseen, menee mitoituksen tekoon aikaa noin 15 minuuttia. Uusi mitoitus tehtiin vertailun vuoksi uusilla arvoilla:

- Liitäntäpisteen oikosulkuvirran mitoitusarvo on 565A
- Mitoitettava kaapeli syöttää kolmivaiheista kuormitusta, jonka mitoitusvirta on 20A ja tehokerroin 0,8ind
- Johdon ylikuormitussuojana käytetään C-tyyppin 25A johdonsuojakatkaisijoita
- Kaapelina käytetään 115 metrin pituista AMCMK -maakaapelia, joka kulkee seinäpinnalla ja maassa, jossa kaapelin rinnalla kulkee kaksi muuta kaapelia, kaikki alle 70mm etäisyydellä toisistaan.

Mitoituksen tulokset ovat esiteltynä liitteessä 3.

## EL-VIS MITOITUS

El-Visillä tehtynä mitoitus vei yhteensä noin 5 minuuttia. El-Visillä tehty mitoitus tapahtui kokonaisuudessaan ohjelmistolla, eikä mitään arvoja ollut tarpeen tarkastaa ulkopuolisesta kirjallisuudesta. Mitoituksen lopputulos on nähtävissä liitteessä 4.

## PÄÄTELMÄT

Alla olevaan taulukkoon on vertailtu eri mitoitusmenetelmiä.

	Käsin	Excel tyhjästä	Excel valmiilla pohjalla	El-Vis
Mitoitukseen käytetty aika	1:17:25	1:21:15	0:15:08	0:05:12
Tulostesivu	EI	KYLLÄ	KYLLÄ	KYLLÄ
Erillisen tulostesivun luontiin käytetty aika	0:28:57	-	-	-
Kaaviokuva asennuksesta	EI	EI	EI	KYLLÄ
Mitoituksen laajennettavuus (toiset kaapelit, lähdöt jne.)	EI	EI	EI	KYLLÄ
Mitoituksessa käytettävä kirjallisuutta (SFS6000, D1...)	KYLLÄ	KYLLÄ	KYLLÄ	EI
Mitoituksessa käytettävä useampaa ohjelmistoa tai välinettä	KYLLÄ	KYLLÄ	KYLLÄ	EI

Kaikki laskennat perustuivat samoihin mitoitusmenetelmiin ja näin ollen tulokset ovat toisiinsa nähden vertailukelpoisia. Käsin mitoituksen suoritusajaa Excelillä tehtyyn laskentaan verrattuna pidensi hieman se, että kaikki laskentaan tarvittavat kaavat ja taulukot etsittiin silloin ensimmäistä kertaa ja Exceliä luotaessa pystyttiin jo hyödyntämään käsin tehtyä laskentaa.

Laskentaan käytetystä ajasta voidaan jokaisen mitoitustavan kohdalla todeta, että useamman laskennan tekeminen peräkkäin todennäköisesti nopeuttaisi yksittäiseen mitoitukseen käytettyä aikaa.

Laskentamenetelmiä vertailtaessa voidaan todeta, että El-Vis oli kolme kertaa nopeampi kuin seuraavaksi nopein laskentamenetelmä, Excel -pohjainen laskenta valmiilla pohjalla. Kun kaikki laskennat tehdään alusta, käsin tai Excelillä, laskennan pituus kasvaa lähtökohtaisesti yli tuntiin.

El-Visin etuna muihin mitoitustapoihin voidaan todeta laskennan nopeuden lisäksi, että yksittäistä mitoitusta suurempien kokonaisuuksien luominen tapahtuisi sillä luontevammin kuin muilla mitoitustavoilla. Esimerkiksi Excelillä tehty mitoitus vaatisi jokaiselle kaapelille oman tiedostonsa.

Lisäksi muiden mitoitustapojen tulosteiden saaminen visuaalisesti samalle tasolle El-Visin kanssa veisi huomattavasti lisää aikaa ja vaatisi muiden ohjelmistojen käyttöä, etenkin jos tulosteeseen halutaan El-Visin automaattisesti luoma kaaviokuva.

# SYÖTTÖKAAPELIN MITOITUS

pp.kk.vvvv

etunimi sukunimi

## LIITÄNTÄPISTEEN SÄHKÖISET ARVOT

---

$I_k$	430 A
$Z_k$	0,510 $\Omega$

## KAAPELIN TIEDOT

---

Kaapelityyppi	MCMK
Kaapelipituus	120m
Sovellettavat asennutavat	Kaapeli seinäpinnalla (C) Kaapeli tikashyllyllä, 9 kuormitettua kaapelia (E) Kaapeli maassa (D)

## KUORMAN TIEDOT

---

Kuorman tyyppi	3-vaihelämmitin
Nimellisteho	6kW
Nimellisvirta	8,7A

## KAAPELIN KUORMITETTAVUUS

---

Syöttävä sulake	3x gG10A
Minimikuormitettavuus $I_{zmin}$	13,5A <sup>(1)</sup>
Kaapelin poikkipinta-ala	1,5mm <sup>2</sup>
Määrävä asennustapa	E: Kaapeli tikashyllyllä, 9 kuormitettua kaapelia
Kaapelin kuormitettavuus määrävällä asennustavalla	14,82A <sup>(2)</sup>

## JÄNNITTEENALENEMA

---

Raja-arvo	5%
Jännitteenalenema 1,5mm <sup>2</sup> kaapelilla	6,6% <sup>(3)</sup> → kaapelia kasvatettava
Jännitteenalenema 2,5mm <sup>2</sup> kaapelilla	4% <sup>(3)</sup> → OK

## SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

---

Minimioikosulkuvirta valitulle suojalaitteelle	82A
$I_k$ johdon päässä	83,9A <sup>(4)</sup> → OK

1) D1, Taulukko 43.1

2) SFS 6000-5-52, Taulukko B.52.4 ja Taulukko B.52.17

3)  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi)$      $\Delta u = \frac{U_n - \Delta U}{U_n}$

4)  $I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z}$  ja D1, Taulukko 41.5

**SYÖTTÖKAAPELIN MITOITUS**

PP.KK.VVVV

etunimi sukunimi

**LIITÄNTÄPISTEEN SÄHKÖISET ARVOT**

Ik 430 A  
Zk 0,510 Ω

**KAAPELIN TIEDOT**

Kaapelityyppi MCMK  
Kaapelipituus 120 m  
Sovellettavat asennustavat C Kaapeli seinäpinnalla  
E Kaapeli tikashyllyllä, 9 kuormitettua kaapelia  
D Kaapeli maassa

**KUORMAN TIEDOT**

Kuorman tyyppi 3-vaihelämmitin  
Nimellisteho 6 kW  
Nimellisvirta 8,7 A  
Tehokerroin Cosφ 1  
Vaihesiirtokulma 0 °

**KAAPELIN KUORMITETTAVUUS**

Syöttävä sulake 3x gG10A  
Minimikuormitettavuus 13,5 A  
Kaapelin poikkipinta-ala 1,5 mm<sup>2</sup>  
Kaapelin kuormitettavuus asennustavoilla  
C 18,5 A  
**E 14,82 A** Merkitsevä arvo  
D 24,7 A

**JÄNNITTEENALENEMA**

Raja-arvo 5 %  
Jännitteenaleneman laskenta  
Kaapelin poikkipinta-ala Jännitteenalenema  
1,5 mm 7 % EI OK  
2,5 mm 4 % OK

**SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ**

Minimioikosulkuvirta 82 A  
Oikosulkuvirta johdon päässä **83,9 A** OK

**SYÖTTÖKAAPELIN MITOITUS**

PP.KK.VVVV

etunimi sukunimi

**LIITÄNTÄPISTEEN SÄHKÖISET ARVOT**

Ik 565 A  
Zk 0,388 Ω

**KAAPELIN TIEDOT**

Kaapelityyppi AMCMK  
Kaapelipituus 115 m  
Sovellettavat asennustavat C Kaapeli seinäpinnalla  
D Kaapeli maassa

**KUORMAN TIEDOT**

Kuorman tyyppi 3-vaihelämmitin  
Nimellisteho 11,1 kW  
Nimellisvirta 20 A  
Tehokerroin Cosφ 0,8  
Vaihesiirtokulma 0,643501 °

**KAAPELIN KUORMITETTAVUUS**

Syöttävä sulake 3x C25A  
Minimikuormitettavuus 25 A  
Kaapelin poikkipinta-ala Al 16 mm<sup>2</sup>  
Kaapelin kuormitettavuus asennustavoilla  
C 62 A  
**D 55,575 A** Merkitsevä arvo

**JÄNNITTEENALENEMA**

Raja-arvo 5 %  
Jännitteenaleneman laskenta  
Kaapelin poikkipinta-ala 16 mm Jännitteenalenema 2 % **OK**

**SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ**

Minimioikosulkuvirta 125 A  
Oikosulkuvirta johdon päässä **237,6 A** **OK**



## Tulopiste

## Lisätiedot

Impedanssi	510 mΩ
Oikosulkuvirta $ik_{3max}$	0,43 kA
Resistanssi	510 mΩ
Reaktanssi	-
Käytön resistanssi	-
Käyttöreaktanssi	590,78 mΩ

## Määritetyt tiedot kohde W001

## Perustiedot

Järjestelmän maadoitus	TN-järjestelmä
Jännite	3-vaihe (400 V)
Käyttölämpötila	50 °C
Tehokerroin	1
Kuormitus	8,66 A (6 kW)
Harmoninen virta	-

## Kaapeli ja suojaus

Kaapelin tyyppi	MCMK (Cu)
Rinnakkaiset kaapelit	1
Kaapelin koko	2,5/2,5 mm <sup>2</sup>
Kaapelin pituus	120 m
Ylivirtasuojaja	Sulake 10 A
Oikosulkusuojaus	Sulake - 0,4 s 10 A

## Asennustapa

Asennustapa	E - Monijohdinkaapeli ilmassa Tikas   30 °C
Kaapelin etäisyys	Ei
Kaapelien määrä	≥9
Kaapelitikkaiden määrä	1
Kuormitettujen johtimien määrä	3
Paloteriste	Ei mitään
Lisäkorjauskerroin	1

## Tulos

Kohde MCMK, 2,5/2,5 mm<sup>2</sup>, 120 m

## Kuormitettavuus

Kuormitettavuus	25 A
Korjauskerroin	0,78
Korjattu kuormitettavuus	19,5 A
Pienin sallittu kaapelin koko	1,5/1,5 mm <sup>2</sup>

## Jännitehäviö

Jännitehäviö piirissä	3,74 %
Käyttöjännite	385,06 V
Jännitehäviö yhteensä	3,74 %

## Katkaisuaika

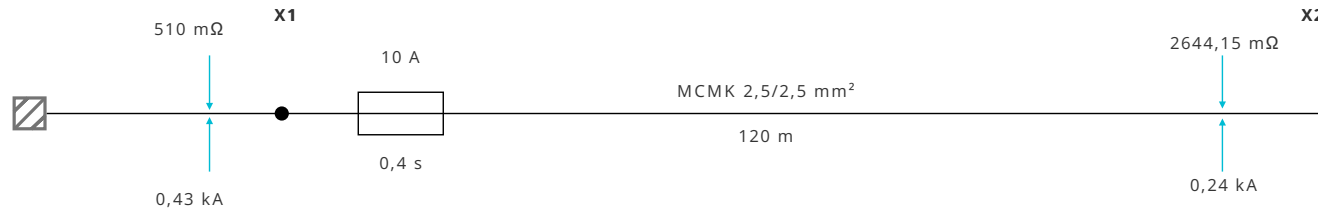
Maasulkuvirta $ik_{ef}$	0,08 kA
Oikosulkuvirta $ik_{3max}$	0,24 kA
Resistanssi	2644,08 mΩ
Reaktanssi	19,2 mΩ
Käytön resistanssi	889,2 mΩ
Käyttöreaktanssi	600,38 mΩ

## Energiatehokkuus

Energiahäviö (kWh)	-
Energiahäviö (EUR)	-
CO <sub>2</sub> -häviö	-

Suurin sallittu kaapelin pituus 121 m

## W001



Projektin numero 001	Tekijä NMy	Asiakirjan tyyppi <b>KAAPELIN TIEDOT</b>	Laskelman tekijä EL-VIS Finland Urho Kekkosen katu 3B 00100 Helsinki	Asiakirjan nimi LIITE4 EI-Vis mitoitus
Hyväksyjä	Alitek.	Sähkölaitteiston tiedot Mitoitus 6 kW 3-vaihelämmitin	Projektin nimi Mitoitusten vertailu	Piirros nro 2023-001
Päivämäärä 27.6.2023	Hyv.pvm.			Versioindeksi A