

## Trafox -betonilämmitysmuuntaja (10 kVA)

**Trafox -betonilämmitysmuuntaja** soveltuu säädettävyytensä ansiosta erinomaisesti betonin lämmittämiseen. Lämmityksen alkuvaiheessa (heti valun jälkeen) saadaan betonin lämpö nostettua nopeasti haluttuun lämpötilaan (yleensä n. 40 °C), jota ylläpidetään tarvittaessa pienentämällä lämmitystehoja. Tehon säätöä saatetaan tarvita myös olosuhteiden muutoksen takia (ulkolämpötilan tai tuulen vaikutuksen korjaamiseksi).

Betonissa syntyvän kemiallisen reaktion ansiosta kehittyy sitomislämpöä aina, mutta etenkin massiivisissa valuissa sen osuus muodostuu merkittäväksi, jolloin lisälämmitystä saatetaan tarvita vain valun ohuissa osissa tai muuten helposti jäähtyvissä kohdissa. Mitoituksessa huomioidaan vallitsevat olosuhteet (lämpötila ja mahd. tuuli) sekä lämmitettävän betonin tilavuus, mutta myös sen ominaisuus, johon edellä viitattiin.

Betonilankalämmityksessä on nimensä mukaisesti kyse langan lämmittämisestä (betonin sisään jätettävä, edullinen teräslanka), jota sähkövirralla lämmitetään käyttäen turvallista pienoisjännitettä (max. 42V AC).

Tämä ohjeistus opastaa oleellisen tehon mitoituksen, jotta lämmitys saadaan toteutettua mahdollisimman taloudellisesti, turvallisesti ja tehokkaasti.



### Käyttö ja käsittely

Pistokytkin ja runkokaapelit liitetään pääkytkimen ollessa 0-asennossa. Kun kaikki kytkennät ovat valmiit, valitaan haluttu lämmitystehoasento 1...5 ja sen jälkeen kytketään laite toimintaan pääkytkimestä (1-asentoon). Merkkivalo osoittaa muuntajan olevan toiminnassa.

Ennen runkokaapeleiden irrotusta kytketään muuntaja pääkytkimestä 0-asentoon.

Muuntajan siirtely, joko nostolenkeistä nostamalla tai pumppukärryillä/trukilla muuntajan alta nostamalla.

### Tekniset tiedot

Verkkoliitäntä: Pistotulppa 32 A (10 kVA, 400 V, 50 Hz)  
(3x20A:n ylikuormitus/oikosulku suojaus)  
kannen alla myös "asiakirjakotelo"

Ulostuloliitäntä: Vaiheet **a**, **b**, **c** ja Nollaliitin **n**  
(DIX-liittimet, yht. 4 kpl)

Tehoalueet: 5 –asentoinen valintakytkin, jossa  
jänniteportaat: 1 = 28V, 2 = 31V, 3 = 35V,  
4 = 38V ja 5 = 42V

Kuormitusvirta: 3x138A (maksimi jatkuva)

Toisioteho (max): 10 kVA (138 A x  $\sqrt{3}$  x 42 V)

Mitat: leveys 725mm, syvyys 465mm ja  
korkeus 760mm (nostolenkkien kanssa)

Paino: 114kg

## Trafox -betoni-lämmitysmuuntaja (10 kVA) + betoni-lankalämmitys

### Lankalämmityksen soveltuvuus

Betonin sisään asennettu lankalämmitys sopii paikalla valettaviin rakenteisiin ja erityisesti vaikeasti suojattaviin kohteisiin, kuten

- anturoihin,
- seiniin,
- pilareihin,
- laattoihin,
- palkkeihin ja
- elementtien saumoihin

Ei suositella

- ohuisiin rakenteisiin,
- hyvää vedenpitävyyttä vaativiin rakenteisiin eikä
- eristämättömiin teräsmuotteihin alhaisissa lämpötiloissa ( $t \leq 0 \text{ °C}$ ).

Soveltuu myös em. tapauksiin, mutta edellyttää erityisen huolellista suunnittelua ja asennusta (lankojen tulee olla tavanomaista tiheämmässä ja langan teho pienempi, kuin normaalimitoituksessa).

### Lankalämmityksen hyviä ominaisuuksia

- Sähköenergia muutetaan lämpöenergiaksi suoraan kohteessa, jolloin lämpöhäviöt jäävät melko vähäisiksi (sähköenergian avulla kuumennetaan betonissa olevia lämpölankoja, joista lämpöenergia siirtyy betoniin)
- Muottirakenne (laudoitus) toimii hyödyllisenä osaeristeenä
- Sähköenergian siirtäminen on vaivatonta, eikä siinä tapahdu suuria häviöitä
- Lämpö jakaantuu tasaisesti koko rakenteessa
- Lämpöä voidaan helposti säätää
- Hyvä toimintavarmuus - käytettävän suojaerotusmuuntajan ja pienoisjännitteen vuoksi järjestelmässä ei ole helposti laukeavia vikavirtasuojia
- Ei muodostu savua eikä ylimääräistä kosteutta

### Lankalämmityksen tarvikkeet

- Trafox -betoni-lämmitysmuuntaja (10 kVA)
- Vapaa 32 A pistorasia (riittävästi sähköenergiaa, n. 10 kW/lämmitysmuuntaja)
- Lämmityslankaa, FEML 2,0 (Ø 2 mm eristetty teräslanka)
- Kytkentälankaa, muovipäällysteinen kuparijohdin (MK 6 tai MK 10 -johdinta, pituudesta riippuen)
- Kytkentäliittimiä (puristettava hylsyliitin, eristetty/eristettävä tai jopa huppuliitin)
- Haaroitusliittimiä (yleensä DIX-haaroitusliitin)
- Runkokaapeleita, paksuhko, 50...70 mm<sup>2</sup> kumieristeinen ja taipuisa kuparijohdin, varustettu DIX-liittimin (koiras/naaras)
- Työkaluina kuorintatyökalu, puristuspihdit, pihtiampeerimittari sekä haaroitusliittimelle soveltuva avain
- Lämpömittari (betonin lämpötilan seurantaan)

## Betoni-lämmityksen suunnittelu ja toteutus

- Määritetään tarvittava lämmitysteho ja lasketaan tarvittava lämpö-lankamäärä
- Suunnitellaan lämpö-lankojen pituus, sijoittelu ja lukumäärä
- Valmistetaan sopivan mittaiset lämpö-langat (liitetään kytkentä-langat lämpö-lankoihin)
- Asennetaan lämpö-langat raudoitukseen
  - kiinnitetään huolellisesti, jotta langat eivät pääse kosketuksiin puuosiin eikä toisiinsa
  - langan tulee pysyä kokonaan betonin sisässä
  - kiinnitykseen käytetään mieluiten eristettyä lankaa, mutta voidaan käyttää myös sidelankaa (lankaa ei saa kiristää tiukasti, jotta eristys ei vaurioidu)
  - varalangan käyttö on suositeltavaa
- Muuntajalle suunnitellaan järkevä sijoituspaikka (mahd. lyhyin runkokaapelein)
- Kytetään runkokaapelit
- Valun jälkeen voidaan kytkeä lämmitysmuuntaja toimintaan
  - toiminta varmistetaan mittaamalla pihtiampeerimittarilla langoissa kulkeva virta

### Mitoitus

Betonista pintojen kautta poistuva lämpö, johon ei betonin sitomislämpö riitä, on korvatta sähköenergialla lämmitettävällä lankalämmityksellä.

Mikäli betonin lämpötilaa on nostettava, on tämäkin huomioitava lämmitystehon määrittämisessä.

Määritetään tarvittava lämmitysteho ja lasketaan tarvittava lämpö-lankamäärä

- Ulkoilman lämpötilaksi valitaan tyypillisesti sääennusteen mukainen lämpötila
- Valitaan betonimassan lämpötilaksi yleensä 5°C alempi, kuin tilatun betonin lämpötila (ts. betonimassan kuljetuksessa ja muottiin laskussa lämpötilan lasku on huomioitava)
- Käytetään mieluiten vain yhtä lankapituutta
- Betonin lämpötilaa nostetaan enintään 5°C/h
- Tarvittava sähköteho määritetään nomogrammista edellisten lähtötietojen perusteella
- Lasketaan kokonaislämmitysteho nomogrammista saadun tehon ja betonimassan määrän mukaan
- Lasketaan tarvittava lankamäärä (todellinen lankamäärä riippuu käytetystä lankapituudesta)
  - lämmityslangan teho enintään 100W/m
  - lämmityslangan teho lämpöeristetyssä muotissa 20 W/m
  - lämmityslangan teho elementtisaumassa 50 W/m
  - lämmitysteho elementtisaumoissa: T-saumassa 200 W/m ja päittäissaumassa 100 W/m (T-saumassa 4 lankaa ja päittäissaumassa 2 lankaa)
- Jos laskennallisesti tarvitaan vain yksi lämpö-lankasilmukka, on suositeltavaa käyttää varalankaa

Todelliset lämpötilat poikkeavat usein etukäteisoletuksista, ja siksi lämmitysteho määritetään vain tarpeellisella tarkkuudella. On kuitenkin varmistettava, että lämmitysteho on riittävä.

#### Lähtötiedoissa huomioitavaa:

- Ulkolämpötila ja tuuli
- Muotin ja sen ympäristön lämpötila
- Muotin muodon mahdollinen vaikutus (ohuita/paksuja valuosia huomioitava erikseen, tarvittaessa mitoitetaan ja jopa lämmitetään erikseen)
- Muotin eristys ja suojaus (merkittävästi poikkeavat osat tarvittaessa mitoitetaan ja jopa lämmitetään erikseen)
- Betonimassan "todellinen" lämpötila alkutilanteessa
- Lämpötilan nostotarve ja nostonopeus

#### Lämpö-lankojen pituusvalinnassa huomioitavaa:

- rakenteen mitat
- kytkentätapa (Y/D)
- säätövaran tarve

Kun oikeat lähtötiedot ovat käytettävissä, mitoitusnomogrammin avulla saadaan määritettyä tarvittava lämmitysteho betonikuutiota kohti.

Nomogrammistakin on tulkittavissa seuraavat, tarvittavat lähtötiedot:

1. Ulkolämpötila (valu ympäristön lämpötila)
2. Betonin lämpötila (lämpötila lämmityksen alussa)
3. Valun laatu ja sen eristys
4. Lämmön nostonopeus

Nomogrammissa edetään kahdesta suunnasta siten, että kohtauspiste osuu sähkötehon määritysalueelle. Kyseisestä kohtauspisteestä määrittyy lämmitysteho [kW/m<sup>3</sup> (bet.)]

Kun lähtötietojen perusteella on määritetty betonikuutiota kohti tarvittava lämmitysteho (P<sub>m<sup>3</sup></sub>), kerrotaan se vielä valettavan betonin määrällä (V<sub>bet</sub>), jolloin saadaan kokonaisteho (P).

Kokonaistehon (P) avulla voidaan ratkaista lämmityslangan määrä (l) kaavalla  $l = P / 0,1$   
 kW/m = P<sub>m<sup>3</sup></sub> x V<sub>bet</sub> / 0,1 kW/m.

Betonilangat voidaan kytkeä muuntajaan joko vaiheiden väleille tai nollan ja vaiheen väliin, mutta sekakytkentä ei ole suositeltava (molempia on siis mahdollista käyttää samanaikaisesti, mutta sitä kannattaa käytännössä välttää sen haasteellisuuden vuoksi).

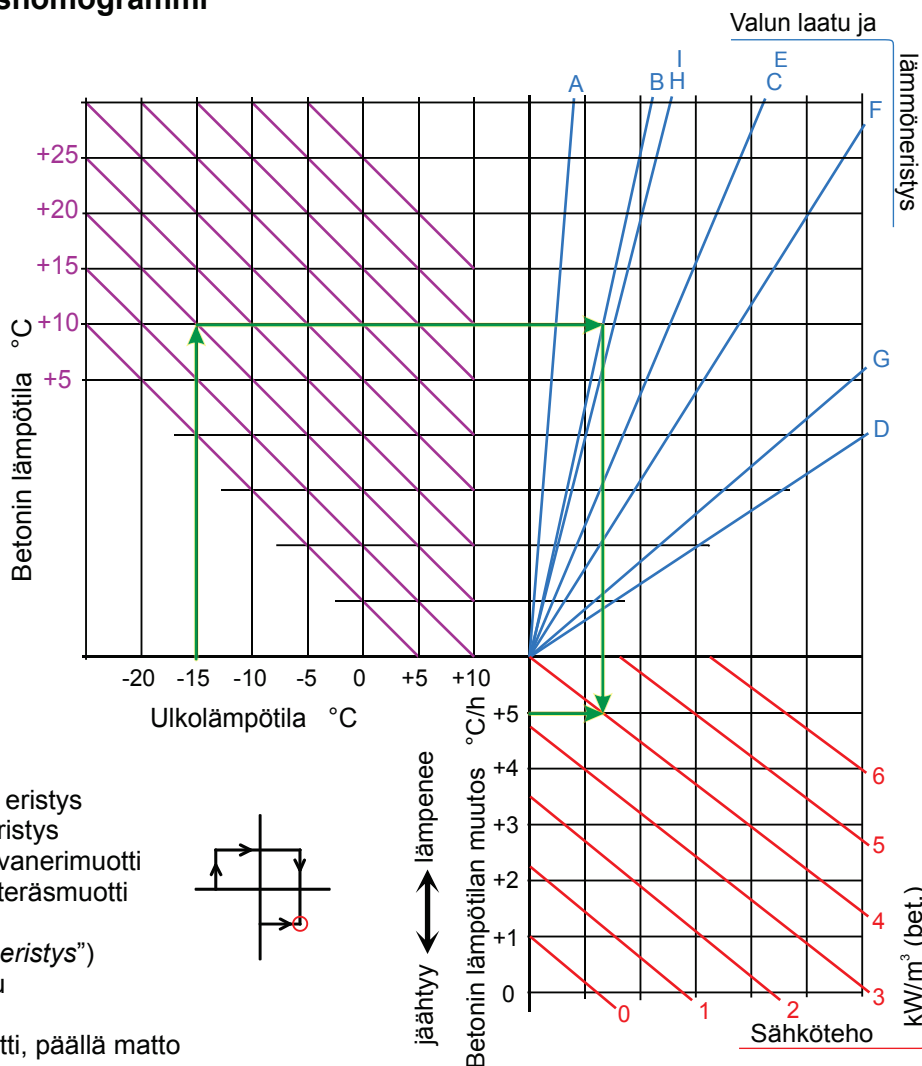
Betonilankalenkin pituutena kannattaa pyrkiä käyttämään 17 m, johtuen mm. siitä, että sillä saadaan langasta lähes tarkalleen maksimi metriteho. Tällöin jää langoitustyökin minimiin. Kytkennät suoritetaan silloin vaiheiden väleille, jolloin nollaliitin (n) jää käyttämättä, ja samalla runkokaapeleita tarvitaan pääsääntöisesti vähemmän, kuin nollan ja vaiheen välisessä kytkentätavassa.

Lopullinen betonilankamäärä ja käytettyjen silmukkapituuksien mukainen lenkkien lukumäärä riippuu siis valitusta lenkkipituudesta.

### Lankalämmityksen mitoitusnomogrammi

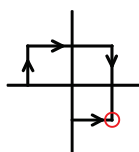
#### Esimerkki (esitetty kaaviossa)

- seinävalu (160 mm x 12 m x 2,8 m)
- ennusteen mukaan -15 °C ► **-15°C**
- massan lämpötila +25 °C (tilattu) ► **+20°C**
- tyydyttävästi eristetyt muotit ► **B**
- lämmitetään 5 °C/h +30 °C:een ► **+5°C/h**
- lämpötilan mittaus 3 krt/vrk
- Tulos ► **4,0 kW/m<sup>3</sup> (bet)**



#### Valun laadut ja eristykset:

- A Suurmuottiseinä erittäin hyvä eristys
- B Suurmuottiseinä tyydyttävä eristys
- C Suurmuottiseinä ei eristystä, vanerimuotti
- D Suurmuottiseinä ei eristystä, teräsmuotti
- E Holvi mineraalivillaeristys
- F Holvi kevyt eristys ("olkimattoeristys")
- G Holvi ei eristystä, muovikelmu
- H Pileri ei eristystä, lautamuotti
- I Sokkeli ei eristystä, lautamuotti, päällä matto

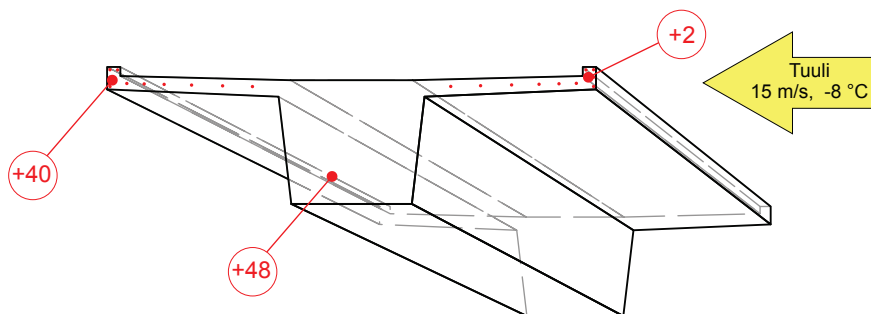


## Tuulen vaikutus lämpötilaan

Tuuli [m/s]	Ilman lämpötila [°C]								
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
2	9	4	-1	-6	-11	-16	-21	-26	-31
4	5	-1	-7	-13	-18	-24	-30	-37	-43
6	3	-4	-10	-17	-24	-30	-37	-43	-50
8	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55
10	0	-8	-15	-22	-30	-37	-44	-52	-59
12	-2	-9	-17	-24	-32	-39	-47	-54	-62
14	-2	-10	-18	-26	-33	-41	-49	-56	-64
16	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-66
18	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67
20	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68

Taulukossa on esitetty tuulen jäähdyttävää vaikutusta, joka on riippuvainen mm. tuulen voimakkuudesta sekä mitatusta ilman lämpötilasta. Vastaavia toisistaan poikkeavia taulukoita on olemassa useita ja niihin vaikuttaa muutkin tekijät, joten luvut ovat vain suuntaa antavia (tuulella on joka tapauksessa merkittävä jäähdyttävä vaikutus).

## Tuulen vaikutus lämpötilaan (karkea esimerkki)



Esim. Sillan lämmityslangat päätyleikkauksessa

### Betonilämmityksen asennus

- Lämmityslankalengkien laskettu määrä sijoitetaan yleensä rakenteeseen tasavälein
- Heikoimmin eristetyt, tai muuten kylmälle alttiit kohdat (kuten ulkokulmat) kannattaa langoittaa tarvittaessa tiuhemmin
- Asennustyö on tehtävä huolellisesti (virheitä ei voi korjata valun jälkeen)
- Käytetään tarvittaessa ylimääräisiä lämmityslankoja, mikäli tasaista jakoa ei muuten synny
- Mikäli rakenteeseen tarvitaan mitoituksen mukaan vain yksi lankasilmukka, on suositeltavaa asentaa toinen lankasilmukka varalle
- Lankojen maksimietäisyys toisistaan 2 x rakenteen paksuus
- Lankojen min. etäisyys muotin tai varauksen pinnasta väh. 20 mm
- Lankojen maksimietäisyys pinnasta 200 mm
- Vierekkäiset langat mielellään eri silmukoista
- Eristeiden eheys varmistetaan (tarv. korjataan teipillä)
- Pystysuuntaan asennetut langat kestävät paremmin betonointia
- Samassa rakenteessa käytetään vain yhtä silmukkapituutta
- KytKentälangat mielellään merkitään (runkokaapelien kytKentä helpottuu)
- Silmukoiden kytKentälangat sijoitetaan ja kiinnitetään siten, että ne kestävät valunaikaiset rasitukset
- Lämmityslangan tulee kaikilta osiltaan olla kokonaan betonin sisässä (myös kytKentäliitos)
- Lopuksi kytketään runkokaapelit suunnitelman mukaisesti
- Varmistetaan kaikilla vaiheilla (a,b,c) olevan suunnilleen yhtä monta lankaa (vinokuormitusta välttämällä)
- Kaikki liitokset on oltava luotettavia - ei löysiä liitoksia - liitospintojen on oltava puhtaita
- Lämpötilan mittausta ja seuranta varten voidaan valuun asentaa ”mittaustasku” (esim. tulpattu sähköputken pätkä) tai voidaan käyttää jotain muuta valuun jätettävää anturia

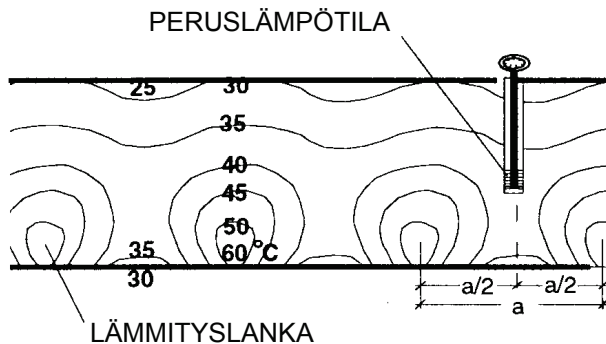
### Toimivuuden varmistus

- Toimivuus olisi hyvä mahdollisuuksien varmistaa jo ennen valua - lähinnä silmämääräisesti.
- Toiminta varmistetaan virtojen mittauksella valun jälkeen ja sopivin väliajoin myöhemminkin
- Betonin lämpötilaa seurataan lämpömittarilla asennetuista mittauspaikeista tai betoniin sijoitetuista antureista
- Seurataan myös liitoksien kuntoa (lämpenemää)

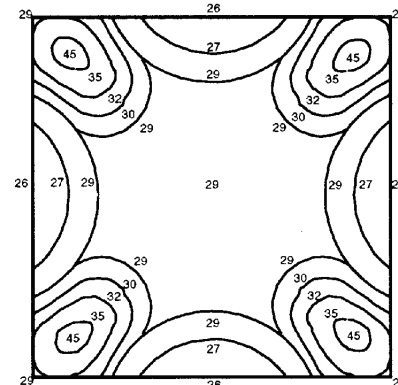
### Työturvallisuus

- Lankalämmitykseen liittyy vain vähäisiä sähkö- ja työturvallisuusriskejä
- Merkittävin vaaratekijä on huomattavan suuret virrat, jolloin huonot liitokset voivat lisätä tulipalon riskiä (olosuhteet eivät ole tulipaloille rakennusvaihetta ajatellen suotuisimmillaan, mutta etenkin eristemateriaalien osalta mahdolliset)
- Suunnittelijan on riittävästi perehdyttävä lankalämmitysasennuksiin ja pystyttävä mitoittamaan kulloisenkin lämmityksen todellinen tarve
- Lankalämmityksessä käytetään vain turvallista jännitettä, 42 V AC (ts. pienoisjännitettä enint. 50 V vaihtojännite / 120 V tasajännite)
- Lankojen ja johtojen on täytettävä niitä koskevat standardit
- Sallittuja kuormitusvirtoja ei saa ylittää
- Muuntaja on suojeltava siten, ettei kosteus pääse haitallisessa määrin muuntajan sisään
- Muuntajan tulee päästä riittävästi jäähtymään
- Runko- ja kytKentäjohtoja liitoksineen ei saa peittää (huonontaa jäähtymistä)
- Liitoksissa on käytettävä standardien mukaisia liittimiä
- Käytettyjen runkokaapeleiden ja liittimien on oltava asianmukaisesti huollettu (liitospintojen on oltava puhtaat ja liitosten on käytössä kiristyttävä tiukkaan)

Lämmön jakauma betonirakenteissa

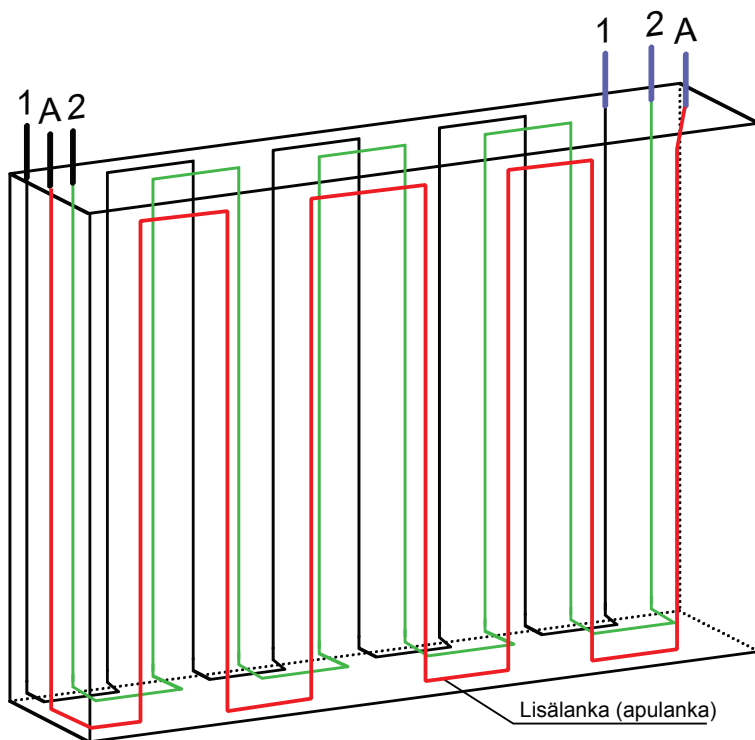


Laskennallinen lämpötilajakautuma laatussa (lattiasa) ja peruslämpötilan mittauspaikka. Lämmityslangat ovat laatan alapinnassa.

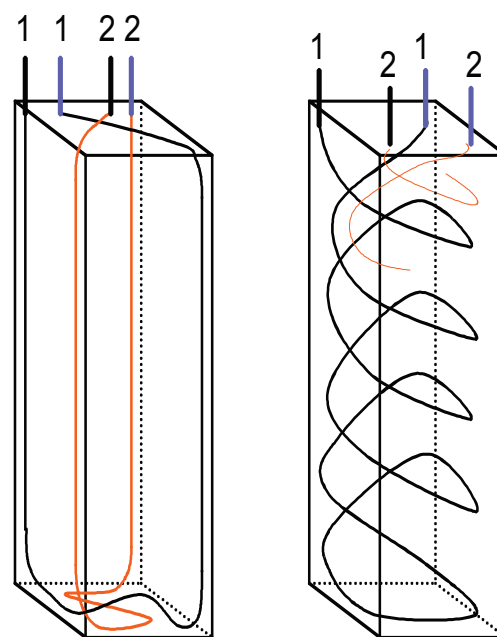


Laskennallinen lämpötilajakautuma pilarin poikkileikkauksessa, kun lämmityslangat ovat nurkissa.

Esimerkkejä asennustavoista



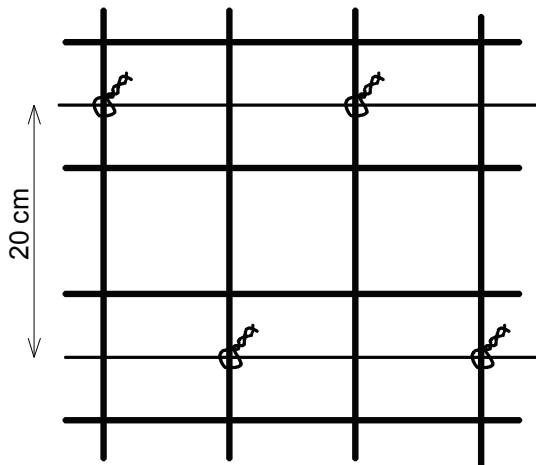
Lankojen asennus seinämuottiin



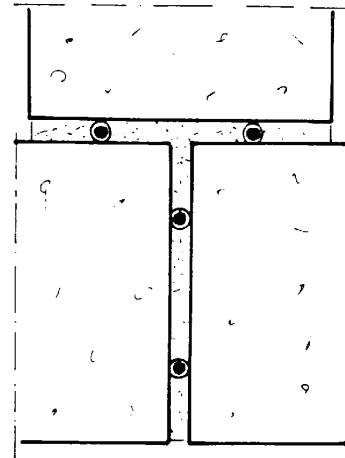
Lankojen asennus pilariin (kaksi esimerkkiä)



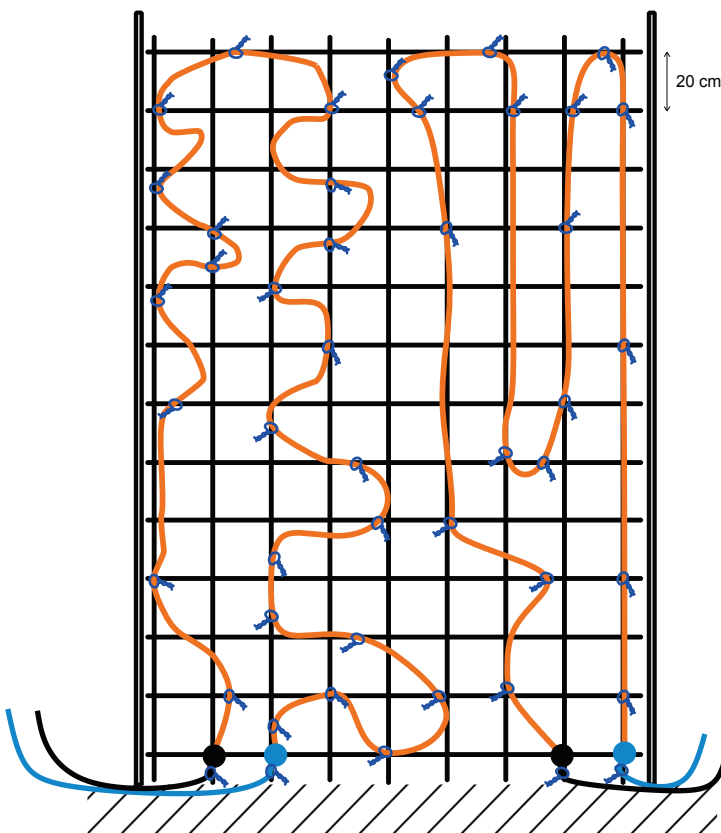
**Esimerkkejä asennustavoista**



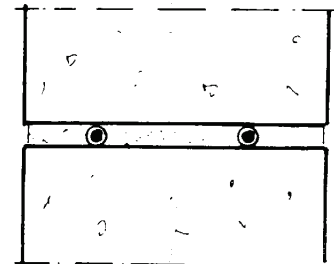
Lankojen asennus ja sitominen betoniraudoitukseen. (johdinsiteiden käyttö on nykyaikaisempaa)



Lankojen sijoitus T-saumassa



Esimerkki betoni-lämmityslangan sijoituksesta seinävalussa. Kannattaa pyrkiä suorien lankojen käyttämiseen, jolloin kiinnityspisteiden määrä saadaan minimiin. Aina se ei kuitenkaan onnistu, jolloin asennetaan lanka muulla tavoin mahdollisimman tasaisin etäisyyksin.



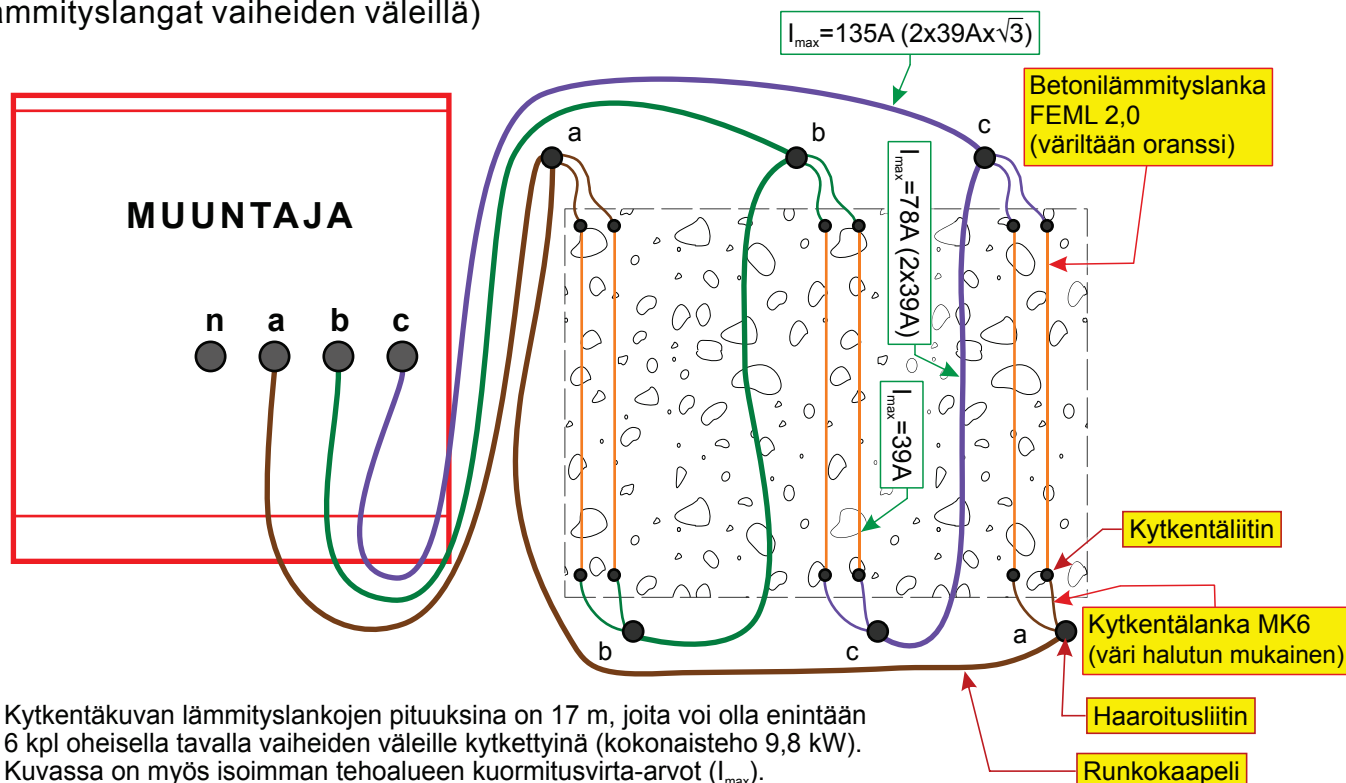
Lankojen sijoitus I-saumassa



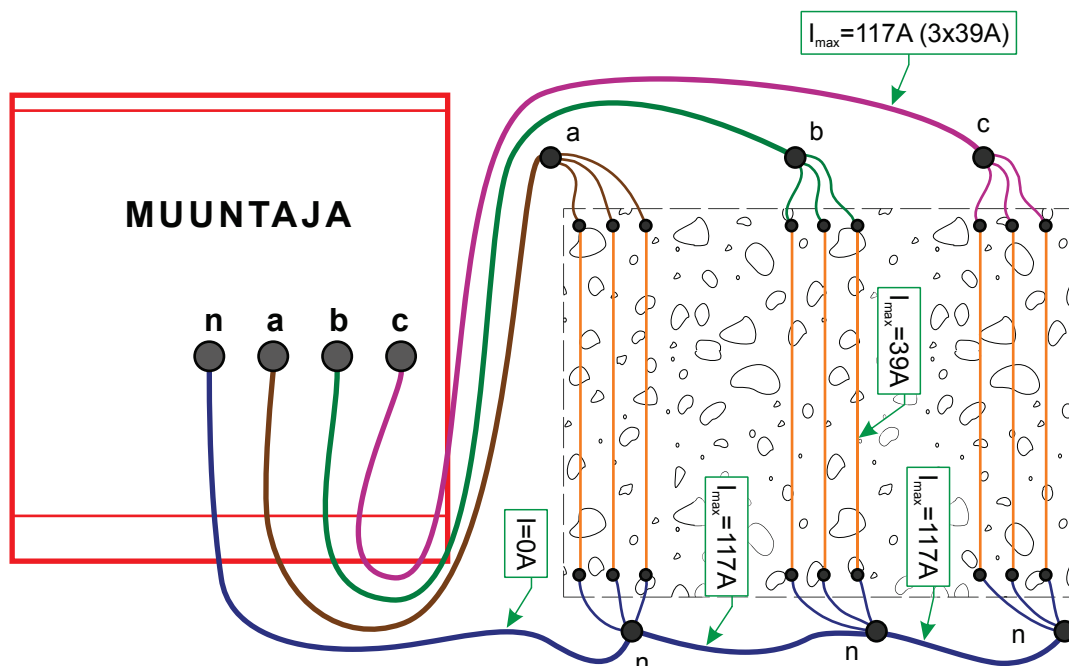
### Lämmitys­lankan virta- ja tehoarvot

Pituus m	1 Y 16 V	2 Y 18 V	3 Y 20 V	4 Y 22 V	5 Y 24 V	1 D 28 V	2 D 31 V	3 D 35 V	4 D 38 V	5 D 42,0 V
7	38 A 0,6 kW 87 W/m	41 A 0,7 kW 107 W/m				BETONINLÄMMITYSLANGAN VIRTA- JA TEHOARVOT				
8	35 A 0,6 kW 71 W/m	37 A 0,7 kW 85 W/m	40 A 0,8 kW 101 W/m			Lämmitys­lankojen kytkentä vaiheiden väleille (28 ... 42 V) tai				
9	33 A 0,5 kW 60 W/m	35 A 0,6 kW 71 W/m	37 A 0,7 kW 83 W/m	39 A 0,9 kW 97 W/m						
10	31 A 0,5 kW 50 W/m	33 A 0,6 kW 61 W/m	35 A 0,7 kW 71 W/m	37 A 0,8 kW 82 W/m	39 A 0,9 kW 94 W/m					
11	29 A 0,5 kW 42 W/m	31 A 0,6 kW 52 W/m	33 A 0,7 kW 61 W/m	35 A 0,8 kW 71 W/m	37 A 0,9 kW 81 W/m	40 A 1,1 kW 103 W/m				
12	26 A 0,4 kW 36 W/m	29 A 0,5 kW 45 W/m	32 A 0,6 kW 53 W/m	34 A 0,7 kW 62 W/m	35 A 0,8 kW 71 W/m	38 A 1,1 kW 89 W/m	41 A 1,3 kW 109 W/m			
13		27 A 0,5 kW 38 W/m	30 A 0,6 kW 47 W/m	32 A 0,7 kW 55 W/m	34 A 0,8 kW 63 W/m	36 A 1,0 kW 78 W/m	39 A 1,2 kW 94 W/m			
14			28 A 0,6 kW 41 W/m	30 A 0,7 kW 48 W/m	32 A 0,8 kW 56 W/m	35 A 1,0 kW 70 W/m	37 A 1,2 kW 84 W/m	40 A 1,4 kW 99 W/m		
15			26 A 0,5 kW 36 W/m	29 A 0,6 kW 43 W/m	31 A 0,7 kW 50 W/m	34 A 0,9 kW 63 W/m	36 A 1,1 kW 75 W/m	38 A 1,3 kW 88 W/m	40 A 1,6 kW 104 W/m	
16				27 A 0,6 kW 38 W/m	29 A 0,7 kW 44 W/m	33 A 0,9 kW 57 W/m	35 A 1,1 kW 68 W/m	36 A 1,3 kW 80 W/m	39 A 1,5 kW 93 W/m	41 A 1,7 kW 108 W/m
17					28 A 0,7 kW 40 W/m	31 A 0,9 kW 52 W/m	34 A 1,1 kW 62 W/m	35 A 1,2 kW 73 W/m	37 A 1,4 kW 84 W/m	39 A 1,6 kW 97 W/m
18					26 A 0,6 kW 36 W/m	30 A 0,8 kW 47 W/m	32 A 1,0 kW 57 W/m	34 A 1,2 kW 67 W/m	36 A 1,4 kW 77 W/m	38 A 1,6 kW 88 W/m
19	BETONINLÄMMITYSLANGAN VIRTA- JA TEHOARVOT					29 A 0,8 kW 43 W/m	31 A 1,0 kW 52 W/m	33 A 1,2 kW 62 W/m	35 A 1,4 kW 71 W/m	37 A 1,5 kW 81 W/m
20	Lämmitys­lankojen kytkentä nol­lan ja vaiheen väleille (16 ... 24 V)					27 A 0,8 kW 39 W/m	30 A 1,0 kW 48 W/m	32 A 1,1 kW 57 W/m	34 A 1,3 kW 66 W/m	36 A 1,5 kW 75 W/m

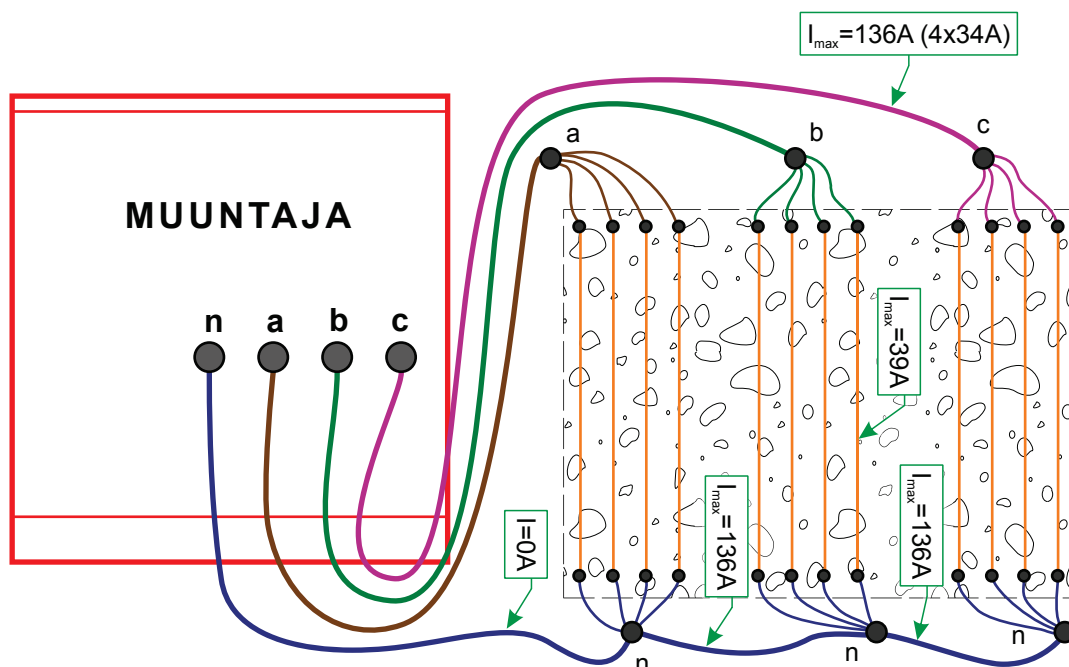
### Muuntajan ja läm­mitys­lankojen kytkentäperiaate (läm­mitys­langat vaiheiden väleillä)



**Muuntajan ja lämmityslankojen kytkentäperiaate**  
(lämmityslangat nollan ja vaiheen väleillä)



KytKentäkuvan lämmityslankojen pituuksina on 10 m, joita voi olla enintään 9 kpl oheisella tavalla nollan ja vaiheen väleille kytkettyinä (kokonaisteho 8,4 kW). Kuvassa on myös isoimman tehoalueen kuormitusvirta-arvot ( $I_{max}$ ).



KytKentäkuvan lämmityslankojen pituuksina on 13 m, joita voi olla enintään 12 kpl oheisella tavalla nollan ja vaiheen väleille kytkettyinä (kokonaisteho 9,8 kW). Kuvassa on myös isoimman tehoalueen kuormitusvirta-arvot ( $I_{max}$ ).

*Tässä tapauksessa (teoriassa) vaiheiden (a, b, c) virrat ovat täsmälleen yhtä suuret, jolloin nollajohto (muuntajan n-liitin) on virraton. Yleensä virrat eivät käytännössä ole täsmälleen samat, jolloin n-liittimessäkin kulkee ainakin pieni virta, mutta lämmityslangan vioittuessa tai mikäli lankamäärät vaiheiden väleillä eivät ole samat, on nollajohdin erityisen tarpeellinen - ts. sitä kannattaa aina käyttää tässä kytkentätavassa.*