



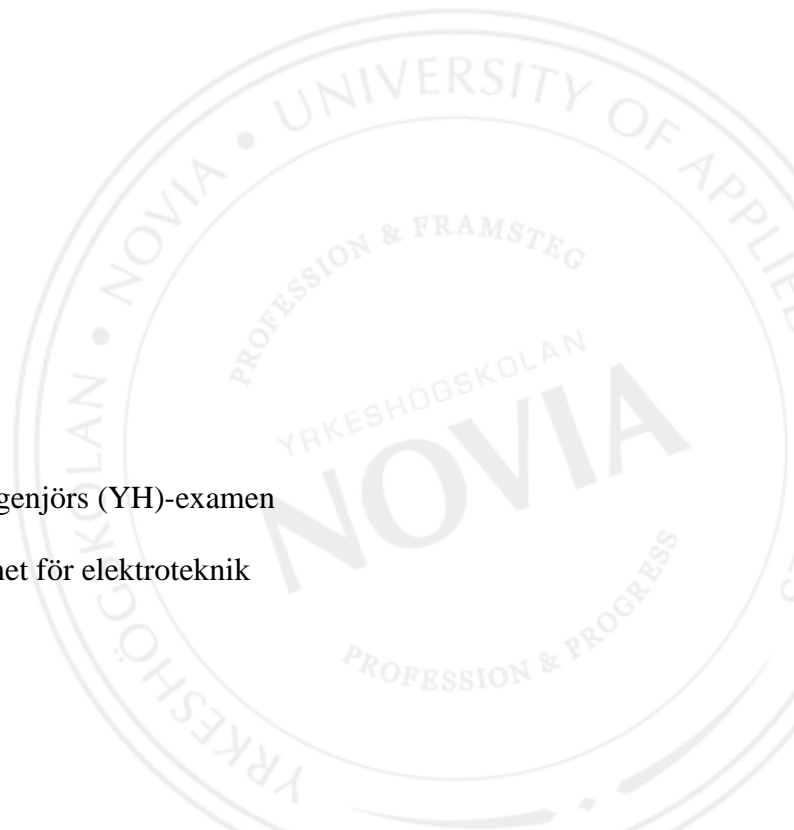
# Elplanering av en industrihall

Viktor Biskop

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2015



## **EXAMENSARBETE**

Författare: Viktor Biskop  
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa  
Inriktningalternativ: Automationsteknik  
Handledare: Lars Enström

Titel: *Elplanering av en industrihall*

---

Datum 17.4.2015

Sidantal 40

Bilagor 9

---

### **Abstrakt**

Syftet med detta examensarbete är att göra en elplanering åt Karlebyföretaget AB Anders G. Biskop OY. Företagets verksamhet grundar sig bl.a. på uppköp och försäljning av våtsaltade nöthudar. Elplaneringen görs till en nybyggnad som innefattar lagerutrymmen, produktionsutrymmen, verkstadsutrymmen samt sociala- och kontorsutrymmen. Totala våningsytan ligger kring 1350 m<sup>2</sup> exklusive ytor runtomkring hallbyggnaden.

Arbetet består av en teoretisk del samt en mer praktisk del. I den teoretiska delen beskrivs de bestämmelser och krav som läggs på en elplanering, dessutom förklaras även den teoretiska sidan gällande bl.a. kabeldimensionering och jordfelsbrytare. Den praktiska delen omfattar hela elplaneringen med tillhörande ritningar, samt elscheman. Det gjordes även en kostnadskalkyl på elinstallationen för hallbyggnaden.

Målet med detta arbete var att skapa en elplanering som fullföljer uppdragsgivarens önskemål och krav, samt att planera det mest optimala installationssättet utifrån användningsmiljön.

---

Språk: svenska

Nyckelord: elplanering, elmateriel, huvudcentral, gruppcentral, kabeldimensionering

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Viktor Biskop
Koulutuspaikkakunta ja ohjelma:	Sähkötekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Automaatiotekniikka
Ohjaaja:	Lars Enström

Nimike: *Tehdashallin sähkösuunnittelua*

---

Päivämäärä 17.4.2015

Sivumäärä 40

Liitteet 9

---

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä sähkösuunnittelu Kokkolayritykselle AB Anders G. Biskop OY. Yhtiön toiminta perustuu mm. märkäsuolattujen naudanvuotien ostamiseen ja myymiseen. Sähkösuunnittelu tehdään uudelle rakennukselle, joka sisältää varastoja, tuotantotiloja, työpajoja sekä sosiaali- ja toimistotiloja. Yhteensä kerrospinta-ala on noin 1350 m<sup>2</sup> rakennuksen ympärillä olevia alueita lukuunottamatta.

Työ koostuu teoreettisesta osasta ja käytännön osuudesta. Teoriaosuudessa kuvataan sähkösuunnittelun säännöt ja asetetut vaatimukset ja tämän lisäksi selitetään myös teoreettinen puoli, joka koskee mm. kaapelinmitoitusta ja vikavirtasuojakytkimiä. Käytännön osuus kattaa koko sähkösuunnittelun ja siihen kuuluvat piirustukset ja sähkökaaviot. Lisäksi tehtiin myös rakennuksen sähköasennuksen kustannusarvio.

Työn tavoitteena oli luoda sähkösuunnitelma, joka täyttää asiakkaan toivomukset ja vaatimukset, ja suunnitella optimaaliset asennukset käyttöympäristöön nähden.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: sähkösuunnittelu, sähkölaitteet, pääkeskus, ryhmäkeskus, kaapelinmitoitus

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Viktor Biskop  
Degree programme: Electrical Engineering, Vaasa  
Specialization: Automation engineering  
Supervisor: Lars Enström

Title: *Electrical design of an industrial building*

---

Date 17.4.2015

Number of pages 40

Appendices 9

---

### **Abstract**

The purpose of this thesis is to make an electrical design of an industrial building, for the company AB Anders G. Biskop OY, situated in Karleby. The company specializes, among other things, in buying and selling wet salted bovine hides. The electrical planning is to be made for a new construction on the premises, containing both storage-, production-, workshop- and office spaces. The total floor area for the plan is about 1350 m<sup>2</sup>, excluding areas around the hall.

The work consists of a theoretic and a more practical part. In the theory chapter, rules and legislations regarding electrical planning are reviewed. In this chapter, the need for cable dimensioning and residual-current breakers are also explained. The practical chapter covers the whole planning, drawings and electrical schematics. In addition, a cost calculation for the installation of the hall building was also made.

The goal of this work was to create an electrical plan that fulfills the employer's wishes and demands, and to make sure the plan is optimal to install from the end-user perspective.

---

Language: Swedish

Keywords: electrical design, electrical equipment, distribution board, cable sizing

---

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Beställaren och uppdragsgivaren .....	1
1.2 Målsättning .....	1
1.3 Projektet .....	2
1.4 Problematik.....	3
2. Allmänt om elmateriel.....	3
2.1 Jordning .....	3
2.1.1 PEN-ledare .....	4
2.1.2 Skyddsledare .....	4
2.1.3 Potentialutjämning .....	4
2.2 Fördelningssystem .....	5
2.2.1 TN-system .....	5
2.2.2 TT-system.....	6
2.2.3 IT-system.....	6
2.3 Jordfelsbrytare .....	7
2.3.1 Jordfelsbrytarens märkvärden .....	8
2.3.2 Jordfelsbrytarens tillämpningsområden .....	10
2.4 Överströmsskydd .....	11
2.4.1 Säkringars märkning .....	13
2.4.2 Greppsäkringar .....	13
2.4.3 Proppsäkringar .....	13
2.4.4 Dvärgbrytare.....	16
2.4.5 Beräkning av kortslutningsskydd .....	19
2.5 Ledningar .....	20
2.5.1 Dimensionering av ledare.....	20
2.5.1 Belastningsförmågan för ledare .....	22
3. Projektets utförande.....	25
3.1 Planering av elpunkter .....	25
3.2 Dimensionering av matningskabel.....	25
3.3 Planering av huvudcentral.....	26
3.4 Planering av gruppcentraler .....	27
3.4.1 Gruppcentral 101 .....	27
3.4.2 Gruppcentral 102.....	29
3.4.3 Gruppcentral 103.....	30
3.5 Kortslutningsberäkningar.....	30

3.6 Spänningsfallsberäkningar .....	36
3.7 Uttagsplanering .....	36
3.8 Belysningsplanering .....	37
4. Resultat .....	39
5. Diskussion .....	39
Källförteckning.....	40

## **Bilageförteckning**

Bilaga 1	-	Armaturförteckning och belysningsberäkningar i DIALux
Bilaga 2	-	Utdrag ur standarden SFS-EN 6000–5–52 /11/
Bilaga 3	-	Planritning
Bilaga 4	-	Situationsplan
Bilaga 5	-	Huvudschema för HC
Bilaga 6	-	Huvudschema för GC
Bilaga 7	-	Jordningsschema
Bilaga 8	-	Kretsschema
Bilaga 9	-	Kostnadsberäkningar

# 1. Inledning

Detta examensarbete är utfört åt Karlebyföretaget AB Anders G. Biskop OY. Arbetet består av en teoretisk del och en praktisk del. I den teoretiska delen behandlas elmateriel i allmänhet, och vad som gäller i olika installationer samt standarder som påverkar valet av elmateriel. I den praktiska delen beskrivs utförandet av en elplanering till en hallbyggnad på ca 1350 m<sup>2</sup>. Dessutom utförs en kostnadskalkyl på all elmateriel i planeringen enligt uppdragsgivarens krav och önskemål.

## 1.1 Beställaren och uppdragsgivaren

AB Anders G. Biskop OY är ett familjeföretag beläget i Karleby. Företaget, som jag själv är uppväxt med och arbetar inom, har tre olika verksamhetsområden: handel med våtsaltade nöthudar, svinproduktion och jordbruk. Den största delen av företaget omfattas av handeln med nöthudarna. De senaste åren har företagets verksamhet expanderat och i dagens läge är man i stort behov av mer arbetsutrymmen. Den nya hallbyggnaden som skall elplaneras består av ett lagerutrymme på ca 300 m<sup>2</sup>, produktionsutrymme på ca 350 m<sup>2</sup>, och ett verkstadsutrymme på ca 360 m<sup>2</sup>. Dessutom består byggnaden av sociala utrymmen på ca 150 m<sup>2</sup> samt även kontorsutrymmen på ca 150 m<sup>2</sup>.

Slutresultatet bör vara färdigt våren 2015 för att byggnadsarbetet skall framskrida så fort som möjligt. Från uppdragsgivarens sida har Rickard Biskop fungerat som handledare, och planerat själva byggnaden. Från Yrkeshögskolan Novia har Lars Enström fungerat som handledare.

## 1.2 Målsättning

Målet med detta arbete är att skapa en elplanering till en hallbyggnad åt AB Anders G. Biskop OY. Slutprodukten skall bestå utav ritningar för hallbyggnaden. Ritningar som t.ex. planlösningsritningar, centralritningar, och kretsscheman bör åtminstone vara tillgängliga som slutprodukter. Även en kostnadskalkyl över en eventuell elinstallation bör förekomma i dokumentationen. Problematiken för detta projekt är att användningen för byggnaden

kommer att bestå utav hantering och lagring av våtsaltade nöthudar. Dessa nöthudar är saltade med bergssalt, vilket innebär att omgivningen runtomkring hela tiden är utsatt för salt. Detta utgör ett problem för all elmateriel som exempelvis strömförande uttag och dylikt, vilket innebär att man redan i planeringsskedet bör ta detta problem i beaktande, för att undvika eventuella missöden som t.ex. korrosion av strömförande delar. Självt är jag uppväxt i företaget, vilket jag ser som en stor fördel i och med att jag vet vad man inom företaget är i behov av och vilka eventuella framtida utvecklingsmöjligheter man har. Dessa behov beaktas redan i planeringsskedet för att underlätta arbetet i ett senare skede, ifall man redan installerat eventuella kontaktdon och brytare i ett tidigare skede. Företaget har även nytta av min kunskap. Som utbildad elingenjör har man haft och har möjlighet till att sänka eventuella reparationskostnader gällande elproblem. Även i detta sammanhang kommer slutprodukten att komma till nytta i och med att hallbyggnaden skall ge mervärde åt företaget.

### **1.3 Projektet**

Projektet för detta examensarbete omfattar en elplanering av en industrihall samt en kostnadsberäkning av alla installationskostnader samt kostnader för val av elmateriel. Detta examensarbete innehåller följande bifogade dokument:

- Planritning
- Situationsplan
- Schema för huvudcentral
- Schema för gruppcentraler
- Kretsschema
- Jordningsschema
- Armaturförteckning
- Belysningsberäkningar
- Kostnadsberäkningar.



## 1.4 Problematik

Det som skiljer detta planeringsarbete från ett annat är användningsändamålet av nybyggnaden. Hallbyggnaden kommer som redan nämnts att användas för hantering och lagring av våtsaltade nötkreaturshudar. Detta innebär att miljön runtomkring ställs inför hårda krav gällande skyddsisolering och hållbarhet. Saltet ger upphov till korrosion för diverse elmateriel som t.ex. kopplingsdosor och diverse utsatta vägguttag. Alla utsatta konstaktdon bör vara försedda med hållbara delar som t.ex. rostfria skruvar och bultar, för att hålla i längden. Samma sak gäller även strömförande kablar, som bör vara installerade i skyddsror och fastsatta på kabelhyllor för att undvika eventuell korrosion. Detta problem tas i beaktande redan i planeringsskedet för detta projekt, och tanken är att skapa en helhetslösning som lämpar sig bra för installering av elmateriel i utsatta miljöer.

## 2. Allmänt om elmateriel

För att kunna planera en kvalificerad elinstallation bör planeraren vara medveten om de krav och funktioner som gäller för olika installationer samt kravet för elmateriel. Centrala saker som man bör ta i beaktande är jordning och dess krav, jordfelsbrytare och dess användningsområden, samt val av kablage utifrån kabeldimensionering. Nedan behandlas dessa samt flera andra faktorer som man bör känna till i planeringsskedet.

### 2.1 Jordning

Jordanslutningen är en väsentlig punkt i en elinstallation i beaktande av säkerheten. Vid eventuella fel som kortslutningar eller felströmmar är det jordanslutningen som skall begränsa förekommande beröringsspänningar. Jordanslutningen från centralen ansluts till en kopparledare som grävs ner runt betongfundamentet runt byggnaden. Dessutom brukar man ansluta denna kopparledning även till armeringen i betongen.

### **2.1.1 PEN-ledare**

Med PEN-ledare syftar man på den ledare som inkopplas från den matande transformatorn till huvudcentralen i ett TN-system. PEN-ledaren fungerar både som skyddsledaren och som nolledare. Minsta tvärsnittsarean för en PEN-ledare är 10 mm<sup>2</sup> koppar eller 16 mm<sup>2</sup> aluminium. PEN-ledaren kan både användas som skyddsledare och neutralledare i äldre installationer, medan det i nyare installationer oftast inte används PEN-ledare pga. att det inte är möjligt att använda sig av jordfelsbrytare i installationen i och med att skydds-och neutralledaren inte är separerade efter anslutningspunkten i huvudcentralen. Vid denna separeringspunkt bör det finnas anslutningsklämmor eller skenor för separering av neutral- och skyddsledare vid behov av eventuella mätningar. /1/

### **2.1.2 Skyddsledare**

Med skyddsledaren syftar man på den ledare som ansluter eventuella elapparater till jordanslutningen. Skyddsledaren har en mycket central roll i en installation. Skyddsledaren är strömlös vid normalt bruk, medan den vid eventuella isolationsfel blir strömförande. Skyddsledaren är identifierbar pga. dess märkning med färgen gul-grön. Ledaren får aldrig användas i annat syfte än för skyddsjordning. /1/

### **2.1.3 Potentialutjämning**

Med potentialutjämning syftar man på sammankoppling mellan de ledande delarna i en byggnad. Dessa ansluts till jord genom potentialutjämning. Tanken är att dessa berörbara delar skall uppnå ekvipotential i förhållande till varandra. Potentialutjämning kan delas in i följande kategorier:

- Huvudpotentialutjämning
- Kompletterande potentialutjämning
- Jordfri potentialutjämning.

Huvudpotentialutjämning innebär att man ansluter främmande delar till jord genom huvudpotentialutjämningskenan. Med främmande delar syftar man på de delar som inte hör

till elinstallationen men kan dock få en potential som är något annat än jord, ifall delarna kommer i beröring med spänningsförande delar. Till huvudpotentialutjämnningen ansluts bl.a. värmeledande rör, vattenrör, byggkonstruktioner av metall samt huvudarmeringsstål i byggkonstruktionen. Dessutom ansluts även telekablers metallmantlar till huvudpotentialutjämnningen. /1/

Ifall utrymmet kräver ännu bättre skydd kan man installera ett kompletterande potentialutjämnningssystem, vilket innebär att man ansluter alla främmande ledande material samt skyddsledarsystemet till den kompletterande potentialutjämnningsskenan. Detta gör man ifall felskyddet inte kan utlösa genom snabb fränkoppling av matningen. /1/

Elanläggningar som har ojordade potentialutjämnningssystem s.k. jordfri potentialutjämnning används för att ansluta utsatta ledande delar till en elektriskt separerad krets. /1/

## **2.2 Fördelningssystem**

För att kategorisera de olika elinstallationssätten från varann delas dessa upp i olika fördelningssystem, utifrån antalet spänningsförande ledare samt jordningssätt. Fördelningssystemets egenskaper klassificeras utifrån anläggningens spänningstyp, nominell spänning, nominell frekvens, antalet ytterledare (med beteckningar) samt andra ledare som skyddsledare och neutralledare. Genom att ange ett fördelningssystemets beteckning, ges information om egenskaperna för elanläggningen. /2/

### **2.2.1 TN-system**

TN-systemet bygger huvudsakligen på att en enda punkt i kretsen är direkt anslutet till jord, medan övriga delar är anslutna genom skyddsledare till jord. TN-systemet kan uppdelas i tre kategorier beroende på skyddsledarens tillämpning. /2/

TN-S-systemet är det mest använda systemet i en elinstallation. Systemet bygger på att man har tre stycken fasledare d.v.s. L1, L2 och L3, samt en PEN- ledare. Denna ansluts till systemets jordningspunkt, men separeras efter denna punkt i huvudcentralen till en neutralledare N och skyddsledare PE varefter de sedan förblir separata. /2/

TN-C-systemet har samma princip som TN-S-systemet förutom att PEN-ledaren fungerar både som skyddsledare och som neutralledare i hela systemet. Det är endast tillåtet att använda TN-C-systemet när ledararean för PEN-ledaren är minst 10 mm<sup>2</sup> koppar eller 16 mm<sup>2</sup> aluminium. TN-C-systemet används endast för trefasssystem, ett enfasssystem vore endast teoretisk möjlig pga. det krav som ställs på ledararean för PEN-ledaren. Gällande tillämpning av jordfelsbrytare är det endast möjligt i ett TN-S-system. /2/

TN-C-S-system är en kombination av de ovan nämnda systemen. I detta system har man TN-C-systemet på den matande delen i nätet i och med att den separerade neutralledaren och skyddsledaren inte kan sammankopplas till PEN-ledaren. /2/

### **2.2.2 TT-system**

TT-systemet bygger på samma teori som TN-systemet med en punkt anslutet till jord. Oftast är denna anslutningspunkt stjärnpunkten i en matande transformator. Dessutom är alla utsatta delar i anläggningen anslutna till jord men med separerad jordelektrod. TT-systemet tillämpas inte i Finland, men förekommer desto mer i Sydeuropa. /2/

### **2.2.3 IT-system**

IT-systemet skiljer sig helt från de andra systemen. IT-systemet är helt isolerat från jord, medan elanläggningens utsatta delar kan vara anslutna till jord med en separat jordelektrod eller via en skyddsledare till en gemensam jordelektrod. Även om systemet är helt isolerat från jord kan man om man så önskar ansluta systemet till jord via en tillräckligt hög impedans. Enligt standarden SFS 6000-7-710 bör resistansen mellan systemets mittpunkt och jord vara minst 100 k $\Omega$  i utrymmen som t.ex. sjukhusets operationssalar. Resistansens storlek beror på bruksändamålet. Gällande industriverksamhet kan man använda betydligt mindre resistanser för att begränsa eventuella överspänningar. /2/

## 2.3 Jordfelsbrytare

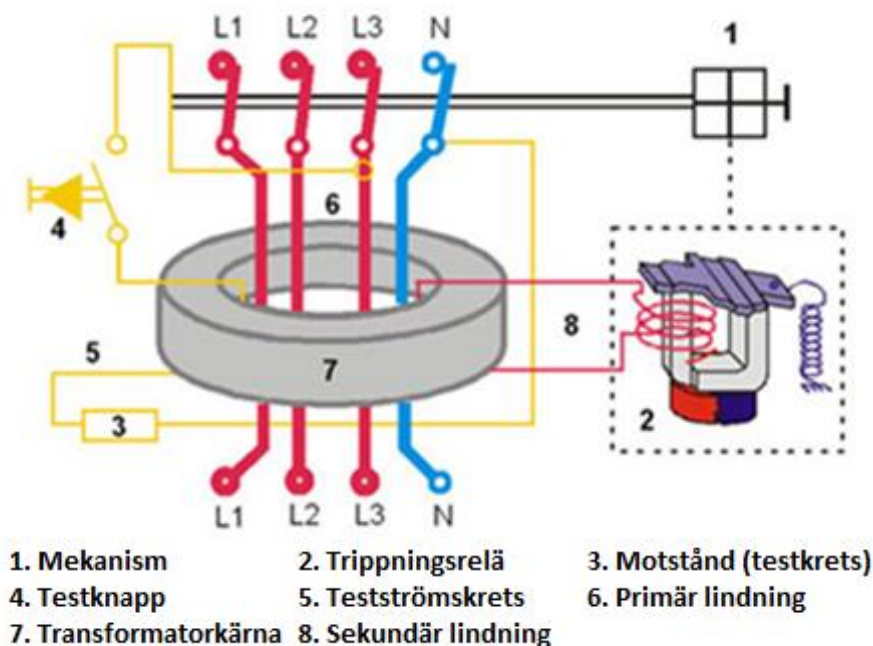
Syftet med en jordfelsbrytare är att bryta strömmen i en strömkrets snabbt för att undvika eventuella personsador eller apparatsador vid ett eventuellt jordfel. Funktionaliteten för en jordfelsbrytare är antingen att den mäter summaströmmen i fasledarna och neutralledaren, eller strömmen i skyddsledaren. Ifall strömmen överskrider jordfelsbrytarens gränsutlösningström, öppnas kretsen och strömmen bryts. /3/

För att jordfelsbrytaren skall fungera korrekt krävs det att systemet är ett TN-S-system, d.v.s. att skyddsledaren och neutralledaren är separerade från varandra i den krets som jordfelsbrytaren skyddar. /3/

Jordfelsbrytarens konstruktion består av en summaströmstransformator som mäter summaströmmen i kretsen. När ett fel uppstår, d.v.s. när summan av strömmarna i neutralledaren och i fasledarna inte är noll, uppstår ett magnetflöde genom transformatorn, vilket leder till att brytaren öppnas när magnetstyrkan övervinner fjäderkraften, och strömmen till kretsen bryts. (se figur 1. *Jordfelsbrytarens konstruktion*) Jordfelsbrytaren kan antingen vara beroende eller oberoende av nätspänningen. Den vanligare varianten fungerar oberoende av nätspänningen, vilket betyder att jordfelsbrytaren inte behöver någon hjälpspanning för att fungera korrekt utan utlösningen sker med fjäderkraft. Längre fram följer en detaljerad figur av jordfelsbrytarens konstruktion. /3/

Jordfelsbrytare har även en testknapp utanpå höljet, vilket är till för testning av jordfelsbrytaren. Vid testning skapas en konstgjord felström vilket skall ge upphov till att brytaren öppnar. Testning av jordfelsbrytare skall göras åtminstone en gång per halvår. /3/

Enligt standarden SFS 6000 skall testknappen vara lätt åtkomlig samt en anvisning om, att användaren skall trycka på testknappen regelbundet enligt de tidsintervall som tillverkaren specificerat, skall vara synlig på själva materielen eller på en skylt nära materielen. /4/



Figur 1. Jordfelsbrytarens konstruktion /4/

### 2.3.1 Jordfelsbrytarens märkvärden

Vid val av jordfelsbrytare bör man känna till de märkvärden, och utlösningstider som gäller för jordfelsbrytaren, samt den strömkrets som jordfelsbrytaren skall skydda. Enligt standarden EN 61008 har jordfelsbrytare följande märkvärden: /3/

Märkutlösningströmmar:

0,006 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 – 0,5 A

Märkströmmar:

10 – 13 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 63 – 80 – 100 – 125 A

Nominell kortslutningshållfast:

3000 – 4500 – 6000 – 10 000 A

Därtill kan tilläggas att även värden som 500 A, 1000 A och 1500 A är standardenliga värden för jordfelsbrytare, som skall tillämpas vid installation i kombination med uttag. /2/ Figur 2 beskriver de standardenliga utlösningstiderna som gäller för jordfelsbrytare.

Tabell 1. Tabell över standardenliga utlösningstider för jordfelsbrytare.

Typ	$I_n$ A	$I_{\Delta n}$ A	De standardenliga maximala utlösningstiderna och de kortaste tiderna (s), under vilka jordfelsbrytaren inte utlöser, då felströmmen $I_{\Delta}$ är:				
			$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	500 A	
Allmän typ	Alla värden	Alla värden	0,3	0,15	0,04	0,04	Maximal utlösningstid
			0,5	0,2	0,15	0,15	Maximal utlösningstid
S-typ	$\geq 25$	$> 0,030$	0,13	0,06	0,05	0,04	Kortaste tid då jordfelsbrytaren inte utlöser

1) För jordfelsbrytare av allmän typ, vilka är avsedda att installeras endast i samband med uttag och jordfelsbrytare av allmän typ med märkutlösningströmmen  $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$ , kan man använda värdet 0,25 A som alternativ till värdet  $5I_{\Delta n}$

/5/

Tabell 2. Tabell för utlösningstider, vid tillämpning av jordfelsbrytare typ A, där testströmmen är pulserande likström.

Fördröjningsvinkel $\alpha$	Utlösningström A	
	Nedre gränsvärde	Övre gränsvärde
0 90 135	0,35 $I_{\Delta}$ 0,25 $I_{\Delta}$ 0,11 $I_{\Delta}$	1,4 $I_{\Delta}$ ( $2I_{\Delta}$ , då $I_{\Delta} < 30 \text{ mA}$ )

Observera. Vid användning av halvågslikriktad testström vars utlösningsvinkel är 0 grader, kan utlösningströmmen eventuellt variera från 10 – 42 mA. /3/

### 2.3.2 Jordfelsbrytarens tillämpningsområden

Jordfelsbrytaren har flera tillämpningsområden beroende på vad man vill skydda, och hurdan miljö jordfelsbrytaren installeras i. För att få korrekt skydd med rätta utlösningstider bör man känna till de olika typerna av jordfelsbrytare som finns tillgängliga. Jordfelsbrytaren delas in i 4 olika typer, AC, A, B och F. Typerna är klassificerade utifrån matningsspänningen och matningsanordningen. /3/

Typ AC var förr den mest använda typen av jordfelsbrytare men rekommenderas ej mer, pga. att den endast fungerar för växelströmskretsar. Typ A däremot fungerar både för växelströmskretsar och pulserande likströmskretsar, medan typ B fungerar för växelström, samt jämn likström. Typ F tillämpas speciellt vid skydd av sådana kretsar som matas från frekvensomriktare och anslutna mellan fas- och neutralledaren, eller mellan fas- och jordad mittpunktsledare. Alla de tre sistnämna typerna av jordfelsbrytare är standardiserade enligt standardserien SFS 6000. /3/

Jordfelsbrytaren används som ett tilläggs skydd till det ordinarie skyddet, dessutom används den som felskydd genom snabb fränkoppling av matningen till strömkretsen, samt som brandskydd. I tabell 3. sid 11 beskrivs jordfelsbrytarens användningsändamål. /3/



Figur 2. Jordfelsbrytare av typ A



Tabell 3. Tabell för jordfelsbrytarens användningsändamål.

Jordfelsbrytarens användningsändamål		
Tilläggs skydd	Snabb frångkoppling av matning	Brandskydd
Skyddar då andra metoder inte fungerar eller användaren är vårdslös.	Används för felskydd genom snabb frångkoppling av matning.	Används för att förhindra bränder p.g.a. läckströmmar.
Användnings exempel: - Uttag utomhus - För vanlig bruk avsedda uttag inomhus. - Bad och duschutrymmen - Simbassängutrymmen - Byggarbetsplatser och övriga tillfälliga installationer - Material av klass II i trånga ledande utrymmen - Uttag vid uppställningsplatser för campingfordon - Uttag vid småbåtshamnar	Användnings exempel: - I TN-, TT- och IT-system då kortslutningsströmmen inte är tillräckligt stor för snabb utlösning av överströmsskydden. - I TT-system i praktiken alltid	Användnings exempel: - Brandfarliga utrymmen - Byggnader inom jordbruk - Värmekabelinstallationer
Högst 30 mA märkutlösningström	I allmänhet högst 300 mA märkutlösningström	Högst 300 mA märkutlösningström

/6/

## 2.4 Överströmsskydd

Överströmsskyddet i en installation är en mycket central och viktig del för att hela installationen skall vara pålitlig. Dimensioneringen av alla säkringar bör vara korrekta för att undvika eventuella överbelastningar på ledningen. Gällande placering och planering av säkringar bör man observera att även vanliga användare av installationen skall i viss mån kunna byta eventuella proppsäkringar eller dvärgbrytare (automatsäkring) utan att skada sig själv eller andra i omgivningen. /7/

Vid byte av säkringar skall man eftersträva att alltid byta säkringen i strömlöst tillstånd. Detta kan tyvärr visa sig vara problematiskt i vissa situationer där brytning av strömmen

orsakar olägenheter i anläggningen. I dessa fall är man tvungen att byta säkringen i strömförande tillstånd. /7/

Enligt SFS 6002 skall byte av säkringar utföras på följande sätt:

*Enligt standarden SFS 6002 skall en säkring normalt bytas i strömlöst tillstånd. En proppsäkring med högst 25 A märkström kan bytas i strömförande tillstånd, om strömkretsen inte kan göras strömlös utan att förorsaka olägenheter.*

Enligt uppgifter får en lekman utföra byte av säkringar i en lågspänningsanläggning, utan att kontrollera spänning i kretsen, endast om eventuell kortslutning inte medför fara, och att säkringen och beröringsskyddet är installerat på korrekt sätt. Därtill kan även tilläggas att man endast får utföra byte av säkringar till en storlek på 25 A (Säkringsstorlek D II ) utan att göra strömkretsen strömlös. /7/

För instruerade personer gäller att byte av säkring är tillåtet där det anses att eventuella risker är lätta att behärska. Instruerade personer får även utföra, t.ex. byte av greppsäkringar i spänningslöst eller spänningsförande tillstånd, och risken för kortslutning mellan olika faser eller jord orsakat av säkringen är liten. Vid byte av greppsäkring rekommenderas användning av grepphandtag samt skyddsärm. /7/

Gällande byte av säkringar där specifika risker är höga, tillåts endast byte av säkring av en yrkesperson inom elbranschen. Sådana riskfyllda arbeten kan vara följande:

- Byte av högspänningssäkring.
- Byte av greppsäkring där säkringen kan förorsaka kortslutning.
- Byte av grepp- eller proppsäkring med över 25 A märkström för en motordrift, som är försedd med kontakter.
- Övriga byten av säkringar där, eventuella ljusbågar kan uppstå.
- Byte av grepp- eller proppsäkring med högst 63 A märkström, som undantagsvis måste utföras i spänningsförande tillstånd, och risk för kortslutning finns.

### 2.4.1 Säkringars märkning

Säkringar är klassificerade utifrån brytområde och driftsklass. Dessa betecknas med bokstäver med följande betydelse. Den första bokstaven berättar om säkringens brytområde, bokstäverna g och a har följande förklaring: /7/

g – säkringens brytområde avser hela strömområdet.

a – säkringens brytområde avser ett visst delområde.

Den andra bokstaven berättar säkringens driftsklass. Denna bokstav beskriver noggrant ström-tidegenskaper:

gG – betyder en säkring för allmänt bruksändamål, vars brytningsförmåga syftar på hela strömområdet.

gM – avser en skyddssäkring för en motorkrets, vars brytningsförmåga syftar på hela strömområdet.

aM – avser en skyddssäkring för en motorkrets, vars brytningsförmåga syftar på ett visst delområde av strömmen.

### 2.4.2 Greppsäkringar

Greppsäkringar passar bra som kortslutningsskydd, tack vare dess höga brytförmåga, men fungerar även som överbelastningsskydd. Brytförmågan för en greppsäkring är minst 50 kA, medan många greppsäkringar kan ha en brytförmåga upp till 100 kA, beroende på tillverkarens specifikationer. Byte av greppsäkringar rekommenderas ske i spänningslöst tillstånd pga. eventuella risker för ljusbågar. Greppsäkringar brukar även kallas för knivsäkringar. /7/

### 2.4.3 Proppsäkringar

Proppsäkringar lämpar sig för både kortslutnings- och överbelastningsskydd. Användning av proppsäkring för kortslutningsskydd begränsas endast av dess brytningsförmåga. Enligt standarden har 500 V proppsäkringar en brytförmåga på 20 kA. /7/

Tabell 4. Gränsbrytströmmar för aM-säkringar.

	$4 I_N$	$6,3 I_N$	$8 I_N$	$10 I_N$	$12,5 I_N$	$19 I_N$
Längsta funktionstid, $t_{max}$	–	60 s	–	–	0,5 s	0,10 s
Kortaste smälttid, $t_{min}$	60 s	–	0,5 s	0,2 s	–	–

/8/

Tabell 5.  $I^2-t$ -värden för gG- och gM-säkringar.

$I_N$ för gG-säkringar $I_{ch}$ för gM-säkringar	$I^2 t_{min}$ $10^3 \times (A^2s)$	$I^2 t_{max}$ $10^3 \times (A^2s)$
16	0,3	1,0
20	0,5	1,8
25	1,0	3,0
32	1,8	5,0
40	3,0	9,0
50	5,0	16,0
63	9,0	27,0
80	16,0	46,0
100	27,0	86,0
125	46,0	140,0
160	86,0	250,0
200	140,0	400,0
250	250,0	760,0
315	400,0	1300,0
400	760,0	2250,0
500	1300,0	3800,0
630	2250,0	7500,0
800	3800,0	13600,0
1000	7840,0	25000,0
1250	13700,0	47000,0

/8/

Tabell 6. Högsta tillåtna märkströmmar för säkringsunderlag och greppsäkringar enligt standarden IEC 60269.

Storlek	Underlag $I_N / A$	Säkring $I_N / A$	Säkring $I_N / A$	Säkring $I_N / A$	Säkring $I_N / A$
		gG / 500 V	gG / 690 V	aM / 500 V	aM / 690 V
00	160	160	100	100	160
0	160	160	100	160	160
1	250	250	200	250	250
2	400	400	315	400	400
3	630	630	500	630	630
4	1000	1000	800	1000	1000
4a	1250	1250	1000	1250	1250

Tabell 7. Greppsäkringars högsta tillåtna effektförluster enligt IEC 60269.

Storlek	$P_N / W$	$P_N / W$	$P_N / W$	$P_N / W$
	gG / 500 V	gG / 690 V	aM / 500 V	aM / 690 V
00	12	12	7,5	12
0	16	25	16	25
1	23	32	23	32
2	34	45	34	45
3	48	60	48	60
4	90	90	90	90
4a	110	110	110	110

Tabell 8. Minsta utlösingsströmmar för gG-smältskydd, och värden som krävs vid mätning.

Märkström A	gG- smältskydd 0,4 s A	Värdet som krävs vid mätning A	gG- smältskydd 5,0 s A	Värdet som krävs vid mätning A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

#### 2.4.4 Dvärgbrytare

Dvärgbrytare eller automatsäkringar används mest i nyinstallationer dels pga. dess enkla funktionalitet vid eventuella kortslutningar eller överbelastningar, men även pga. brytarens kompakta uppbyggnad vilket kräver mindre utrymme.

Automatsäkringen har olika funktionalitet beroende på strömmens karaktäristik. Vid höga strömmar under en längre tid värms en bimetalldremsa upp, och när metallen böjs tillräckligt utlöses en brytarmekanism och strömmen bryts. Vid sådana fall bör bimetallden svalna innan det är möjligt att sluta strömkretsen igen. Vid kortslutningar utlöses brytaren efter några millisekunder av en magnet-utlösare. Denna åstadkoms av en elektromagnet som drar ett ankare och brytaren öppnas. /9/

Vid val av dvärgbrytare bör man lägga vikt vid brytarens brytförmåga, märkström, märkspänning samt utlösningsskurva. Dvärgbrytarens rekommenderade märkströmmar är följande: 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, och 125 A. /7/

Gällande brytförmågan för dvärgbrytare gäller det att brytförmågan skall vara större än eventuella kortslutningsströmmen i kretsen. Enligt standarden SFS-EN 60898 som gäller dvärgbrytare har följande värden fastställts: 3000 A, 4500 A, 6000 A, 10 000 A, 15 000 A, 20 000 A och 25 000 A. /7/

Vid installering av dvärgbrytare bör man observera några saker som är specifikt för dvärgbrytare. Konstruktionen för dvärgbrytaren är mycket kompakt, dessutom är effektförlusterna större för dvärgbrytare än för vanliga säkringar. Detta bör man lägga märke till vid planering av centralen och grupperna. Man bör undvika att sätta flera större belastade grupper intill varann, i och med att temperaturen i centralen påverkar dvärgbrytarens funktionsvärden. /7/

Valet av vilken typ av dvärgbrytare man skall använda beror på kretsen som skall skyddas. Typerna kategoriseras efter belastningens karaktäristik och vad som krävs av säkringen för att belastningen i kretsen inte skall slå ut skyddet direkt vid påslag. /7/

Typ B lämpar sig för kretsar där inga stora startströmmar förekommer. Detta är resistiva laster som belysnings- och värmegrupper. Typ B kan även tänkas skydda uttagsgrupper ifall man inte ansluter apparater som kräver stora startströmmar. /7/

Typ C lämpar sig för dylika kretsar som typ B lämpar sig för, samt att den även tål aningen bättre startströmmar. Däremot skyddar typ C inte ledningar lika bra mot eventuella kortslutningsströmmar. /7/

Typ D lämpar sig för skydd av motordrifter, vilket innebär att den tål stora startströmmar. /7/

Tabell 9. Dvärgbrytarens funktionsvärden enligt SFS-EN 60898

Karakteristik och märkström		Termisk funktion	Funktionstid	Magnetisk funktion	Funktionstid
B	≤ 63 A	1,13 I <sub>N</sub>	> 1 h	3 I <sub>N</sub>	≥ 0,1 s
		1,45 I <sub>N</sub>	< 1 h	5 I <sub>N</sub>	< 0,1 s
C	≤ 63 A	1,13 I <sub>N</sub>	> 1 h	5 I <sub>N</sub>	≥ 0,1 s
		1,45 I <sub>N</sub>	< 1 h	10 I <sub>N</sub>	< 0,1 s
D	≤ 63 A	1,13 I <sub>N</sub>	> 1 h	10 I <sub>N</sub>	≥ 0,1 s
		1,45 I <sub>N</sub>	< 1 h	20 I <sub>N</sub>	< 0,1 s

Till ovannämnda typer av dvärgbrytare kan även tilläggas typ K och typ Z. Dessa tillämpas vid industriellt bruk enligt standarden DIN VDE 0660

Typ K tillämpas i samband med transformatorer och motorer och övriga elinstallationer inom industrin.

Typ Z dvärgbrytare tillämpas där halvledare, som tyristorer och dioder förekommer i strömkretsen. /7/

Tabell 10. Dvärgbrytarens minsta utlösningströmmar, och värden som krävs vid mätning.

Märkström A	Typ B 0,4 s och 5,0 s A	Värdet som krävs vid mätning A	Typ C 0,4 s och 5,0 s A	Värdet som krävs vid mätning A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1000	1562,5



Tabell 11. Dvärgbrytarens minsta utlösningströmmar, och värden som krävs vid mätning.

Märkström A	Typ D 0,4 s och 5,0 s A	Värdet som krävs vid mätning A	Typ K 0,4 s och 5,0 s A	Värdet som krävs vid mätning A
6	120	150	72	90
10	200	250	120	150
13	260	325	156	195
16	320	400	192	240
20	400	500	240	300
25	500	625	300	375
32	640	800	384	480
50	1000	1250	600	750
63	1260	1575	756	945
80	1600	2000	960	1200
125	2500	3125	1500	1875

#### 2.4.5 Beräkning av kortslutningsskydd

För att kortslutningsskyddet för en krets skall uppfylla de krav som gäller, gällande utlösningstider och ledningars belastningsförmåga bör man ta reda på den lägsta och den högsta kortslutningsströmmen i kretsen i fråga./7/

Den lägsta kortslutningsströmmen i en krets uppstår i den mest avlägsna punkten från kortslutningsskyddet. Denna kortslutningsström bör tas reda på för att säkerställa att skyddet utlöses tillräckligt snabbt ifall kortslutning sker. /7/

Den högsta kortslutningsströmmen i en krets uppstår direkt efter skyddet, inne i centralen. Denna ström bör kontrolleras ifall kortslutningsskyddet inte klarar av att bryta den höga strömmen, ifall brytförmågan är mindre än kortslutningsströmmen. Detta behöver dock inte kontrolleras ifall dvärgbrytaren fungerar både som överbelastningsskydd och kortslutningsskydd, och uppfyller de krav som skyddsanordningen behöver för överbelastningsskydd. /7/

## 2.5 Ledningar

Vid installationer bör man vara medveten om olika alternativ gällande ledningar och kablar, samt ha kunskap om de krav som ställs på kablar i installationer. Nedan följer de mest väsentliga krav som bör uppfyllas oavsett installationssätt.

- Kabelutförandet skall uppfylla de krav som ställs, samt att säkerhetsnivån som gäller enligt standardkraven för kabelutföranden bör uppfyllas.
- Märkspänningen för kabeln eller ledningen bör uppfylla spänningskravet i installationen.
- Färgmärkningen av ledningar skall uppfylla de krav som ställs enligt standardserien SFS 6000 punkt 514.
- Ledarens area skall uppfylla de krav som ställs, för att ledningsförmågan skall vara tillräckligt stor.
- Yttre påverkande faktorer skall beaktas, för att undvika uppkomsten av eventuella skador på kablar. Faktorer som kan förorsaka eventuella skador är mekanisk påverkan, korrosiva ämnen i omgivningen, vatten, fasta föremål samt temperaturen i omgivningen.

För att kablar och ledningar skall uppfylla de krav som ställs på tillverkaren, har man låtit standardisera dessa. De kablar som standardiserats på nationell nivå har man samlat i CENELECs HD-harmoniseringsdokument som är ett samlingsdokument för standarder gällande elmateriel på nationell nivå i Europa. För kabelutföranden i Finland gäller de finska standarderna, och man får även använda kablar som följer de internationella samt nationella kraven, men då bör man tillämpa de krav som gäller enligt standarden SFS 6000 och de installationsanvisningar som tillverkaren ger. /10/

### 2.5.1 Dimensionering av ledare

Vid dimensionering av ledare är det flera olika faktorer som har en betydande roll på just tvärsnittsarean av ledaren. Kravet för minimiarean för en ledare beroende på användningsändamål har betecknats i nedanstående tabell enligt standardserien SFS 6000.

Tabell 12. Minimiarean för ledare beroende på användningsändamål. /11/

Ledningssystem		Användningsändamål	Ledare	
			Material	Tvårsnittarean mm <sup>2</sup>
Fasta installationer	Kablar och isolerade ledare	Kraftmatnings- och belysningskretsar	Koppar Aluminium	1,5 Enligt kabelstandard IEC 60228 (10 mm <sup>2</sup> ) (se ANM. 1)
		Signal- och manöverkretsar	Koppar	0,5 (se ANM. 2)
	Oisolerade ledare	Effektmatningskretsar	Koppar Aluminium	10 16
		Signal- och manöverkretsar	Koppar	4
Flexibla anslutningar gjorda av isolerade ledare och kablar		För en viss apparat	Koppar	Enligt tillämplig produktstandard
		För annan användning		0,75 <sup>a</sup>
		Klenspänningskretsar för speciell användning		0,75
ANM. 1 Anslutningsklämmor för aluminiumledare skall vara testade och lämpliga särskilt för detta ändamål. ANM. 2 I signal- och manöverkretsar för tele- och elektronikutrustning godkänns 0,1 mm <sup>2</sup> ledarearea. ANM. 3 Särskilda krav på belysningskretsar för klenspanning, se SFS 6000-7-715.				
<sup>a</sup> För flexibla flerledarkablar med minst sju ledare gäller anmärkning 2.				

För neutralledaren gäller att tvärsnittarean är minst den samma som för fasledaren i kretsen, om inte mer noggranna uppgifter finns beskrivna.

Enligt SFS 6000 524.2.1 *Neutralledarens area skall i följande fall vara minst lika stor som fasledarnas:*

- I enfaskkretsar med två ledare oberoende av ledarearean.
- I flerfaskkretsar när fasledarnas area är högst 16 mm<sup>2</sup> koppar eller 25 mm<sup>2</sup> aluminium.
- I trefaskkretsar, där tredje harmoniska övertonen och udda multiplar av tredje övertonen sannolikt orsakar strömmar var effektivvärde är mellan 15 % ... 33 % av totalströmmens effektivvärde. /11/

Vid bedömning av lämplig storlek på tvärsnittarean för en ledare bör man speciellt lägga märke till följande faktorer:

- Ledarens högsta tillåtna temperatur (belastningsförmågan)
- Största impedansen i strömkretsen, vilket påverkar på kravet för felskyddet
- Spänningsfallet i kretsen
- Kortslutningståligheten för ledaren
- Yttre faktorer som kan påverka ledaren

### 2.5.1 Belastningsförmågan för ledare

Vid beräkning av belastningsförmågan för ledare kan man ta i beaktande flera faktorer som påverkar ledarens belastningsförmåga. Detta beroende på hur noggrant värde man söker efter för ledaren, samt ifall miljön runtomkring ledaren är sådan att ledarens belastningsförmåga påverkas i negativ riktning, kan det finnas skäl att kontrollera ifall belastningsförmågan för ledaren räcker till. Ifall ledarens högsta tillåtna kontinuerliga temperatur överskrids pga. strömstyrkan, kan det resultera till eventuell brand eller att ledarens livslängd förkortas pga. försämring av ledarens isolationsmaterial. /12/

Strömstyrkan i en ledare är egentligen den enda faktorn som kan påverka att ledarens temperaturgräns överskrids. Därför bestäms belastningsförmågan för en ledare utifrån förläggningssättet, vilket har betydelse för hur bra värmen frigörs från ledaren. Ifall installationen kräver finns det tabeller på en mer noggrann nivå, som beskriver belastningsförmågan för ledare. Dessa tabeller är framställda med standarden IEC 60364-5-523 som grund, dessutom kan man använda sig utav kabeltillverkarens föreskrifter ifall dessa uppfyller de krav som behandlar högsta tillåtna temperaturen för ledare. /12/

Vid vanliga dimensioneringar kan man oftast använda sig utav tabellen på följande sida, (tabell 13). Tabellen beskriver olika ledares belastningsförmåga i A utifrån förläggningssätt. Värden i tabellen har beräknats i PVC-isolerade trefaskretsar, vilket innebär att man även kan tillämpa dessa värden i enfaskretsar samt PEX-isolerade kretsar. Kategoriseringen bestäms beroende på installationens förläggningssätt enligt följande. Förläggningssätt A (infälld installation), förläggningssätt C (installation på yta), förläggningssätt D (installation i mark), samt förläggningssätt E (installation fritt i luft). /12/

Tabell 13. Tabell över ledares belastningsförmåga.

Förläggningssätt enligt SFS 6000				
Ledarens märkarea (mm <sup>2</sup> )	A	C	D	E
<b>Koppar</b>				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
<b>Aluminium</b>				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	59	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Tabell 14. Tabell över ledares minsta belastningsförmåga vid användning av gG-säkring som skydd vid överbelastning.

Den största maximala märkströmmen hos en säkring av typ gG A	Ledningens tillåtna belastning minst A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883
1000	1103
1250	1379

### **3. Projektets utförande**

Planeringen av detta projekt påbörjades redan i november månad 2014. För att få en helhetsbild av projektet, studerades planlösningsritningarna noggrant för att undvika tänkbara planerade lösningsförslag som i ett senare skede visar sig vara oacceptabla. Redan i planeringsskedet togs eventuella framtidsplaner i beaktande som t.ex. installering av palleteringsrobot i produktionsutrymmet. Elinstallationer bör även tillfredsställa det kommande behovet i diverse utrymmen, och göra arbetet så ergonomiskt som möjligt. Ritningarna gjordes i CADS, vilket är ett finskt ritprogram. Orsaken var att man använt programmet i skolan, och därför kändes programmet som ett bra alternativ där man som planerare kände till de mest grundläggande funktionerna redan i början, vilket underlättade arbetet avsevärt.

#### **3.1 Planering av elpunkter**

Första steget av planeringsarbetet påbörjas genom fastställning och placering av diverse elmateriel som vägguttag samt belysningsarmaturer i planritningen. I detta skede skapas även grupper för kommande centraler samt respektives centrals säkringsgrupper. För att hålla grupperna skilt från varann placerades gruppcentralerna utifrån utrymmen, samt olika våningar i byggnaden. Detta medför även att kabeldragningen kan koncentreras till en enda punkt utifrån utrymmens placering, och gör att sträckorna blir så korta som möjligt. Projekt består av en huvudcentral, med två medföljande gruppcentraler.

#### **3.2 Dimensionering av matningskabel**

Den befintliga byggnaden på tomten matas med en AXMK 4x185 kabel och skyddas med 160 A säkringar. I en intervju med Karleby stad, konstaterade man att det bästa tänkbara alternativet är att dra en ny matande ledning från transformatorn som även befinner sig på tomten, direkt till den nya byggnaden, och därefter dra en ny matande ledning till den gamla byggnaden från den nya. Huvudsäkringarna till den nya byggnaden dimensionerades till 250 A, med en AXMK 4x185 kabel. I detta fall beräknas kortslutningsströmmen till 3 kA.

Anledningen till att kortslutningsströmmen är så hög är att sträckan från transformatorn är mycket kort, samt att transformatorn är en större modell med högre kortslutningsströmmar.

### 3.3 Planering av huvudcentral

För huvudcentralen hade ett utrymme reserverats redan vid planeringsskedet av hallbyggnaden. Huvudcentralen kommer att placeras i ett tekniskt utrymme i första våningen, vilket är en central plats för hela byggnaden. Detta för att all kabeldragning skall vara så optimal som möjligt. Huvudcentralen som är den största centralen i projektet, har huvudsäkringar dimensionerade till 250 A. Vid uppskattning av totala effektförbrukningen för hela anläggningen, bör 170 kW räcka till vilket 250 A smältsäkring motsvarar. Matningskabeln dimensionerades till AXMK 4x185 mm<sup>2</sup> Al.

I huvudcentralen separeras PE-och N-ledaren från varandra, vilket innebär att installationssystemet blir ett TN-S system med separerade skydds- och neutralledare. Efter separationspunkten ansluts dessa ej mer, utan hålls separerade.

Största delen av den anslutna effekten går ut direkt från huvudcentralen och dessutom kommer bergsvärmesystemet med en uppskattad effekt på 42 kW att matas härifrån. Dessutom matar huvudcentralen tre separata gruppcentraler. Den uppskattade effekten ligger kring 70 kW. Nedan följer en beräkning av totala effekten för bergsvärmesystem enligt följande:

Uppvärmad yta(m<sup>2</sup>) · 50 W/m<sup>2</sup> = Beräknad maxeffekt

Storleken på bergsvärmepumpen bestäms genom att beräkna 60 – 70 % av maxeffekten.

$$1300 \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ W/m}^2 = 65\,000 \text{ W} \rightarrow 65\,000 \text{ W} \cdot 65 \% = 42\,250 \text{ W}$$

Enligt beräkningarna ovan, bör bergsvärmepumpen ha en totaleffekt på ca 42 kW. I detta fall bör man även ta i beaktande de utrymmen som kräver uppvärmning. Lagerutrymmet på ca 300 m<sup>2</sup> kräver ingen uppvärmning för kommande bruksändamål, men storleken bör ändå beräknas för att kunna klara av eventuella ändringar vid behov av mer uppvärmda utrymmen.



Resterande effekt för centralen uppskattas räcka till för att mata resterande elförbrukare som tillkommer i centralen.

### 3.4 Planering av gruppcentraler

Som tidigare nämnts matar huvudcentralen tre stycken separata gruppcentraler. Den första centralen i den gamla befintliga byggnaden, den andra i reservdelslagret, samt den tredje på andra våningen i kontorsutrymmet. Alla gruppcentraler är dimensionerade utifrån effektbehovet samt att man även tagit i beaktande eventuella framtida effektbehov.

#### 3.4.1 Gruppcentral 101

Matningskabeln till gruppcentralen som redan befinner sig som huvudcentral i den befintliga byggnaden, har idag en storlek på 185 mm<sup>2</sup> Al, och skyddas med 160 A gG-smältskydd. Effektbehovet kommer inte att överskrida den nuvarande säkringens storlek i framtiden, pga. att byggnaden endast kommer att användas som lagerutrymme. Därför byts dessa till en storlek på 80 A gG-smältskydd. Elförbrukningen man har i denna byggnad är belysning, diverse vägguttag, kraftströmuttag samt ett eventuellt kylsystem. För kylsystemet reserveras en totaleffekt på ca 30 kW. /14/

Något som man även bör lägga märke till är själva effektbehovet utifrån olika årstider. Kylsystemet är endast i användning under våren, sommaren och hösten, medan uppvärmnings-effektbehovet för den nya byggnaden avtar under denna tid. Detta medför en mer jämn elkonsumtion över hela årstiden för anläggningen.

Huvudsäkringar och kabelstorlek för den befintliga byggnaden beräknas enligt följande:

Formel som tillämpas:

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi \quad (1)$$

Där,

P = Effekten (W)

U = Spänningen (V)

$I =$  Strömmen (A)

$\cos\phi =$  Fasvinkeln mellan spänningen och strömmen.

I exemplet är fasvinkeln obekant, i sådana sammanhang sätter man fasvinkeln till ett värde mellan 0,95–0,97. Vid dimensionering av säkringens storlek, räknar man enligt följande beräkning:

$$I = P / (U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi) \rightarrow 50 \text{ kW} / (400 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,97) = 74,4 \text{ A} \quad (2)$$

Enligt beräkningar ovan kan en 80 A gG-säkring väljas som huvudsäkring till centralen, detta enligt tabell 14 på sid 24.

Med 80A gG-säkring kan belastningsförmågan för ledningen beräknas enligt följande:

$$I_z = \frac{k \cdot I}{1,45} \rightarrow \frac{1,6 \cdot 80}{1,45} = 88,27 \text{ A} \quad (3)$$

$k =$  konstant beroende av säkring, enligt standarden SFS-EN 269-2-1

$I =$  Smältsäkringens märkström

1,45 = konstant

Ledningens tvärsnittsarea bestäms utifrån beräkningarna ovan, med följande motivering:

Kabelalternativet varierar beroende på förläggningssätt, men i det här fallet vet man att kabeln kommer både att förläggas i mark samt inomhus på en kabelstege. Detta ger förläggningssätt enligt D samt E.

Som kabel kan väljas en AXMK 4 x 35s mm<sup>2</sup> Al / 25 mm<sup>2</sup> Cu ur tabell 13, på sid 23.

Förläggningssättet för denna kabel är både C och D.

### 3.4.2 Gruppcentral 102

Gruppcentral 102 beräknas ha en totaleffekt på ca 40 kW. Effektbehovet krävs främst för vägguttag samt kraftströmsuttag, i och med att centralen befinner sig i reservdelslagret, och matar egentligen det mest väsentliga i verkstadsutrymmet förutom belysningen. Effektbehovet bör därför uppskattas med marginal i och med att de flesta elförbrukare för denna central är okända. Elapparater som påverkar effektbehovet för centralen förekommer oftast i verkstadsmiljö, som t.ex. kompressorer och högtryckstvättar. Säkringen i detta fall dimensioneras till 63 A gG-smältskydd enligt beräkningarna nedan, med tillämpning av samma formel som tidigare.

40 kW är det uppskattade effektbehovet för centralen.

$$I = P / (U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi) \rightarrow 40 \text{ kW} / (400 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,97) = 59,52 \text{ A}$$

Smältsäkring med storleken 63 A gG väljs, och följande beräkning utförs:

$$I_z = \frac{k \cdot I}{1,45} \rightarrow \frac{1,6 \cdot 63}{1,45} = 69,51 \text{ A}$$

Ledningens tillåtna belastningsförmåga bör vara minst 70 A. I detta fall kommer kabeln att installeras på en perforerad kabelhylla med max 6 ledare, därefter som en infälld installation och slutligen i rumstemperatur på 20 grader Celsius. Detta ger korrektionsfaktorer ur tabellerna sid 1–14 (se bilaga 2) enligt följande.

Enligt tabell B.52.20 ger perforerad hylla, med max 6 ledare en korrektionsfaktor som 0,76

Enligt tabell B.52.14 ger temperatur 20 °C en korrektionsfaktor som 1,05

Beräkning av  $K_{tot}$  enligt följande:

$$K_{tot} = 0,76 \cdot 1,05 = 0,798$$

Vilket ger att ledningens belastningsförmåga bör vara minst:

$$\frac{70 \text{ A}}{0,798} = 87,71 \text{ A}$$

Enligt tabell 13, på sid 23 kan man välja en kabeldimension på 70 mm<sup>2</sup> Al/ 50 mm<sup>2</sup> Cu förläggningssätt A.

### 3.4.3 Gruppcentral 103

Den minsta gruppcentralen placeras på andra våningen i ett mindre tekniskt utrymme, som även kan tänkas användas som städförråd. Till denna central hör främst belysning och vägguttag på andra våningen. Däremot är effektbehovet ändå ganska högt pga. ett stort antal vägguttag, vilket det även finns behov utav i kontorsutrymmen. Även en mindre köksbänk finns planerad på denna våning vilket höjer på effektbehovet ytterligare. Effektbehovet uppskattades till 12 kW vilket ger följande uträkning:

$$I = P / (U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi) \rightarrow 12 \text{ kW} / (400 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,97) = 17,85 \text{ A}$$

Smältsäkring med storleken 20A gG fastställs utifrån beräkningen ovan. Ledningens belastningsförmåga bestäms enligt följande:

$$I_z = \frac{k \cdot I}{1,45} \rightarrow \frac{1,6 \cdot 20}{1,45} = 22,06 \text{ A}$$

I detta fall har man en helt infälld installation, vilket ger förläggningssätt A. Enligt tabell 13 sid 21 kan man välja en 4 mm<sup>2</sup> Cu, men i och med att kabeln har en belastningsförmåga på 24 A, väljs en kabel med tvärsnittet 6 mm<sup>2</sup> Cu, för att undvika överbelastning av kabeln vid ett eventuellt ökande effektbehov.

## 3.5 Kortslutningsberäkningar

Kontroll av kortslutning i fastigheten görs genom beräkningar av olika kretsar. För att kontrollera att felskyddet utlöses tillräckligt snabbt beräknas kortslutningsströmmen i den mest avlägsnaste punkten i kretsen, d.v.s. den punkt som är längst bort i kabelväg. Ifall man har flera gruppcentraler som i det här projektet bör man kontrollberäkna kortslutningsströmmen för varenda central skilt för sig.

För den första gruppcentralen d.v.s. gruppcentral 101 kan man tyvärr inte beräkna den lägsta kortslutningsströmmen i kretsen i och med att både kabeldimensionen och längden är obekant för den punkt som är längst bort. Men däremot kan man beräkna den högsta kortslutningsströmmen, som uppstår direkt efter skyddet, för att kontrollera att skyddet klarar av att bryta tillräckligt höga strömmar. Denna kontrollberäkning krävs inte om skyddet fungerar både som kortslutningsskydd och överbelastningsskydd.

Nedan följer kortslutningsberäkningar för gruppcentral 101.

Nätimpedansen för elnätet före huvudsäkringarna till fastigheten beräknas enligt följande.

$$Z_n = \frac{0,95 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 3000 \text{ A}} = 0,0731 \Omega$$

Kortslutningsströmmen beräknas direkt efter smältsäkring som är dimensionerad till 80 A.

Kabellängden mellan kopplingspunkterna uppskattas till ca 60 m.

Ur tabell 15 på sid 33 får man att resistansen  $\Omega/\text{km}$  för 4x35 mm<sup>2</sup> Al är 1,086  $\Omega$

Multipliserar kabelsträckan med två, för att ta i beaktande strömmen i nolledaren.

$$0,12 \cdot 1,086 \Omega = 0,13032 \Omega$$

Beräkning av enfas kortslutningsström enligt följande:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (0,073131 + 0,13032)} = 1078,36 \text{ A}$$

Enligt beräkningarna ovan och tabell 19 på sid 35 slår 80 A gG-smältskyddet ut vid en eventuell kortslutning strax efter skyddet inne i centralen, inom 0,4 sekunder.

I följande exempel beräknas kortslutningsströmmen för gruppcentral 102. I det här fallet kan man uppskatta kabellängden, vilket ger möjlighet till beräkning av lägsta kortslutningsströmmen i kretsen.

Kabeldimensioner som förekommer:

Kopparkabel med tvärsnittsarean 35 mm<sup>2</sup> och längden 25 m, samt en kopparkabel med tvärsnittet 2,5 mm<sup>2</sup> och längden 30 m.

Nätimpedansen = 0,073131  $\Omega$

Beräkning av totala ledningars resistans ohm ( $\Omega$ ) utifrån värden gällande  $\Omega/\text{km}$ :

Cu 35 mm<sup>2</sup>, 25 m x 2  $\rightarrow$  0,05 km x 0,652  $\Omega/\text{km}$  = 0,0326  $\Omega$

Cu 2,5 mm<sup>2</sup>, 30 m x 2  $\rightarrow$  0,06 km x 8,77  $\Omega/\text{km}$  = 0,5262  $\Omega$

Beräkning av enfas kortslutningsström enligt följande:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (0,073131 + 0,0326)} = 2075,01 \text{ A}$$

Vid val av 63 A gG-säkring krävs en kortslutningsström på minst 320 A, vilket betyder att 2000 A räcker bra till.

Följande steg är sträckan från centralen ut till 16 A kraftströmsuttaget enligt följande:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (0,073131 + 0,0326 + 0,5262)} = 347,179 \text{ A}$$

Vid val av 16 A C-typ dvärgbrytare fordras en kortslutningsström på minst 160 A, vilket betyder att 340 A är tillräckligt.

För gruppcentral 103 kan även beräknas kortslutningsströmmar på samma sätt som tidigare, men i och med att centralen är mindre och har kortare totala kabelsträckor kan man överväga att den lägsta kortslutningsströmmen är tillräckligt hög för att säkringen skall slå ut. Men för kontrollbehov beräknas även detta enligt följande:

Kopparkabel med tvärsnittsarean 6 mm<sup>2</sup> och längden 25 m, samt en kopparkabel med tvärsnittet 2,5 mm<sup>2</sup> och längden 30 m.

Nätimpedansen = 0,073131 Ω

Beräkning av totala ledningars resistans Ω utifrån värden gällande Ω/km:

Cu 6 mm<sup>2</sup>, 5 m x 2 → 0,01 km x 3,660 Ω/km = 0,0366 Ω

Cu 2,5 mm<sup>2</sup>, 25 m x 2 → 0,05 km x 8,77 Ω/km = 0,4385 Ω

Beräkning av enfas kortslutningsström enligt följande:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (0,073131 + 0,0366)} = 2327,48 \text{ A}$$

Vid val av 20 A gG-säkring krävs att kortslutningsströmmen är minst 85 A, vilket 2300 A är.

Följande steg är sträckan från centralen till ett vägguttag enligt följande:

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot (0,073131 + 0,0366 + 0,4385)} = 400,184 \text{ A}$$

Vid val av 16 A C-typ dvärgbrytare krävs att kortslutningsströmmen är minst 160 A vilket 400 A är.

Kontrollerar maximala längden på kabeln från centralen enligt följande:

$$Z_{tot} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 160 \text{ A}} = 1,37121 \Omega$$

$$1,37121 \Omega - (0,0366 + 0,073131) = 1,26148 \Omega$$

$$\frac{1,26148 \Omega}{8,77 \frac{\Omega}{\text{km}}} = 0,14384 \text{ km}$$

$$\frac{0,14384}{2} = 0,0719 \rightarrow 70 \text{ m}$$

Tabell 15. Tabell över kablers impedansvärden (  $\Omega/\text{km}$  ) vid 80 °C ledartemperatur

Ledarnas tvärsnitt $\text{mm}^2$	Koppar			Aluminium		
	Resistans $r$	Reaktans $x$	Impedans $z$	Resistans $r$	Reaktans $x$	Impedans $z$
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Tabell 16. Tabell över kablers impedansvärden ( $\Omega/\text{km}$ ) vid 20 °C ledartemperatur

Ledarnas tvärsnitt $\text{mm}^2$	Koppar			Aluminium		
	Resistans $r$	Reaktans $x$	Impedans $z$	Resistans $r$	Reaktans $x$	Impedans $z$
4 x 1,5	11,80	0,115	11,80			
4 x 2,5	7,07	0,110	7,07			
4 x 4	4,42	0,107	4,42			
4 x 6	2,95	0,100	2,95			
4 x 10	1,81	0,094	1,81			
4 x 16	1,14	0,090	1,14	1,87	0,090	1,87
4 x 25	0,72	0,086	0,73	1,20	0,086	1,20
4 x 35	0,53	0,083	0,54	0,88	0,083	0,88
4 x 50	0,39	0,083	0,40	0,64	0,083	0,944
4 x 70	0,27	0,082	0,28	0,44	0,082	0,448
4 x 95	0,20	0,082	0,216	0,32	0,082	0,330
4 x 120	0,16	0,080	0,18	0,25	0,080	0,262
4 x 150	0,13	0,080	0,15	0,21	0,080	0,225
4 x 185	0,10	0,080	0,128	0,17	0,080	0,188
4 x 240	0,08	0,079	0,112	0,13	0,079	0,152
4 x 300	0,06	0,079	0,099	0,11	0,079	0,135

Tabell 17. Kortslutningsströmmar som krävs vid användning av dvärgbrytare typ B och C.

Minsta utlösningströmmar för dvärgbrytare och värden som krävs vid mätning				
Märkström	Typ B 0,4 s och 5,0 s	Värdet som krävs vid mätning	Typ C 0,4 s och 5,0 s	Värdet som krävs vid mätning
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1000	1562,5



Tabell 18. Kortslutningsströmmar som krävs vid användning av dvärgbrytare typ D och K.

Minsta utlösningströmmar för dvärgbrytare och värden som krävs vid mätning				
Märkström	Typ D 0,4 s och 5,0 s	Värdet som krävs vid mätning	Typ K 0,4 s och 5,0 s	Värdet som krävs vid mätning
A	A	A	A	A
6	120	150	72	90
10	200	250	120	150
13	260	325	156	195
16	320	400	192	240
20	400	500	240	300
25	500	625	300	375
32	640	800	384	480
50	1000	1250	600	750
63	1260	1575	756	945
80	1600	2000	960	1200
125	2500	3125	1500	1875

Tabell 19. Minsta utlösningströmmar som krävs för gG-smältskydd.

Minsta utlösningströmmar för gG-smältskydd och värden som krävs vid mätning				
Märkström	gG-smältskydd 0,4 s	Värdet som krävs vid mätning	gG-smältskydd 5,0 s	Värdet som krävs vid mätning
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3

### 3.6 Spänningsfallsberäkningar

Beräkning av spänningsfallet över en kabel kan även göras. I det fallet bör man känna till valet av ledning, totala effekten för centralen samt vinkeln mellan spänningen och strömmen vilket man inte känner till men kan uppskattas till ett värde på 0,97. Nedan följer en beräkning av spänningsfallet till gruppcentralen 102, vilket uppskattades ha en total effekt på 40 kW vilket ger en total ström på 59,52 A enligt beräkningar på sid 29.

Kabelns dimension till centralen Cu 35 mm<sup>2</sup>, längd 25 m

$$R = 0,652 \Omega/\text{km} \quad X = 0,083 \Omega/\text{km}$$

Spänningsfallet beräknas med följande formel för trefas växelspanning:

$$\Delta U = I \cdot L \cdot \sqrt{3} \cdot (R \cos \varphi \pm X \sin \varphi) \quad (\text{formel enligt DI - Handbok om byggnaders elinstallationer, sid 233})$$

$$\Delta U = 59,52 \text{ A} \cdot 25 \text{ m} \cdot \sqrt{3} \cdot \left( \frac{0,652 \Omega}{\text{km}} \cdot 0,97 + \frac{0,083 \Omega}{\text{km}} \cdot 0,28 \right) = \mathbf{1,68988 \text{ V}}$$

$$\Delta U = \frac{1,68988}{400 \text{ V}} \cdot 100 \% = \mathbf{0,422 \%} \text{ spänningsfall}$$

### 3.7 Uttagsplanering

Gällande vägguttag och kraftströmsuttag planerades dessa med omsorg för att undvika brister för kommande verksamhet. Kraftströmsuttag planerades vid varenda lyftdörr i och med att dessa kräver en trefasmatning. Även andra kraftströmsuttag placerades på diverse platser för eventuella behov i framtiden. Speciellt i verkstadsutrymmet hade dessa hög prioritering, p.g.a. behov av diverse kompressorer och svetsar. Gällande kraftströmsuttag kan även nämnas att dessa valts till s.k. kombiuttag, som också innehåller enfasuttag.

Vanliga vägguttag placerades förutom på de platser där kraftströmsuttag placerats, även på andra platser där man är i behov av ytterligare uttag. Dessa prioriteras högst i produktionsutrymmet samt verkstadsutrymmet, medan lagerutrymmet har en lägre prioritering. I lagerutrymmet undveks placering av eventuella vägguttag, i och med att dessa elmateriel är hårt utsatta för salt, vilket leder till korrosion. Därför har lagerutrymmet endast ett fåtal vägguttag på de mest behövliga platserna.

### 3.8 Belysningsplanering

Belysningskravet i olika arbetsmiljöer varierar från fall till fall beroende på vad som skall utföras i det specifika utrymmet. För att få fram en riktlinje vad som krävs i olika miljöer kan belysningsstyrkan beräknas utifrån lux-värdet, vilket är lumen/kvadratmeter. Beräkningsmetoder vid fastställande av belysningsstyrkan i ett utrymme kan göras genom bestämning av olika reflektionsfaktorer för olika ytor och material, vilket är ganska komplicerat ifall planeraren är ute efter det mest optimala resultatet, men ändå ett realistiskt resultat, i och med att väggar och golv har olika reflektionsfaktorer beroende på färg samt yta. Även takhöjden påverkar resultatet. För att förenkla själva belysningsplaneringen, kan planeraren nuförtiden använda datorprogram där belysningsstyrkan fastställs för ett utrymme genom en ljusberäkning, samt antalet armaturer, och deras placering vilket man oftast är intresserad av som planerare.

Valet av belysningsarmaturer i olika utrymmen varierar beroende på behovet av belysningsstyrkan i olika arbetssituationer. I de större utrymmena där takhöjden överskrider fyra meter, valdes högtrycksnatriumlampor med en effekt på 400 W, för att få ett ljust och behagligt sken. Nackdelen med dessa lampor är att tändningstiden är ganska lång vilket även ger fördröjningar vid eventuella strömavbrott. Fördelen är att lamporna har en lång livslängd samt att de har en bra ljusspridning vid högre höjder.

Utrymmen där takhöjden var under fyra meter valdes lysrörsarmaturer med en effekt på 2x58 W per armatur. Lysrör är en relativt billig lösning, och har oftast en ganska lång livslängd. Med rätt IP-klassificering klarar även lysrören de mest krävande miljöerna som t.ex. dammiga och fuktiga förhållanden.

För att få en någorlunda riktlinje vad som krävs i antalet ljusarmaturer, utfördes en ljusberäkning i beräkningsprogrammet DIALux. I programmet är det möjligt att välja armaturer utifrån tillverkaren, placera ut dem i utrymmet, samt göra en ljusberäkning där man får en kartlagd bild av ljusets spridning i rummet. För att få ett så realistiskt resultat av antalet armaturer i projektet gjordes en DIALux- ljusberäkning av både verkstadsutrymmet på 360 m<sup>2</sup> samt köket på 25 m<sup>2</sup>. Se bilaga 1.

Nedan en tabell över rekommenderade lux-värden i olika utrymmen som kan användas som riktlinje vid ljusberäkningen.























Tabell 15. Tabellen beskriver rekommenderade lux-värden i olika utrymmen.

Utrymme	Rekommenderat lux-värde
Korridor	200 lux
Kontor	500 lux
Sporthall	500 lux
Bilgarage	100 lux
Butik	500 lux
Stormarknad	800 lux
Lager	300 lux
Industri Grov	300 lux
Industri Fin	750 lux

Uppdragsgivaren lade stor vikt på belysningsstyrkan i olika utrymmen. Därför är lux-värden enligt ljusberäkningen i bilaga 1 aningen högre än de rekommenderade minimivärdena enligt tabellen ovan.

I CADS-programmet gjordes även ett utdrag över symbolerna, för att få fram ett exakt antal. Denna tabell kan även importeras vid behov från CADS till Excel.

Tabell 16. Tabell över symbolbeskrivningar samt antalet, i installationen.

Järjestelmä	Nimitys	IP-luokka	Viitetunnus	Määrä	Yks.
 S23	STPKU002			7	KPL
 S23	STPKU003			2	KPL
 S23	STPKU010			8	KPL
 S23	STPKU016			4	KPL
 S241	STPEPP02			6	KPL
 S241	STPP109	IP44		18	KPL
 S241	STPP110	IP44		2	KPL
 S241	STPU102			37	KPL
 S244	STPRU003			1	KPL
 S251	STLV0054			2	KPL
 S251	STLV0074			49	KPL
 S251	STPKV2S4			47	KPL
 S251	STPKV703			8	KPL
 S251	STPV0008			3	KPL
 S251	STPV0018			4	KPL
 S251	STUV0050			22	KPL
 S531	SK1458			3	KPL
 S531	STPKM001			1	KPL
 S531	STPMU052			7	KPL
 S531	STPRU001			22	KPL
 T160	SHV0607U			10	KPL
 T610	SHV02116			13	KPL

## 4. Resultat

Resultatet av detta examensarbete blev en elplanering för en industrihall, enligt uppdragsgivarens önskemål och krav. I och med att uppdragsgivaren är vårt familjeföretag, så finns det flera olika lösningar som jag själv som planerare kunnat utforma enligt behovet som företaget har i nuläget och i framtiden.

Resultatet består utav en elplanering för en nybyggnad på ca 1300 m<sup>2</sup>, med en huvudcentral och två gruppcentraler samt en befintlig central som även togs i beaktande. Huvudsäkringarna i vissa centraler överdimensionerades för eventuellt ökande framtida effektbehov. Detta är något som man redan i planeringsskedet bör vara medveten om, vilka planer som beställaren har i framtiden för olika utrymmen för att undvika att effektbehovet överskrider den dimensionerade effekten för olika centraler. Examensarbetet ger även mervärde åt mig som planerare, i och med att familjeföretaget har stor nytta av slutresultatet.

## 5. Diskussion

Elplaneringen som jag utfört har varit intressant men även utmanande, i och med att projektet var ganska stort och att jag inte planerat dylika projekt tidigare. Dessutom fanns det många olika faktorer som man var tvungen att ta i beaktande för att slutresultatet skall bli så optimalt som möjligt, och för att undvika eventuella ändringar vid kommande framtida behov. Själva planeringsarbetet påbörjades redan under hösten, medan skrivandet kom igång i ett senare skede.

Examensarbetet var mycket lärorikt, och gav mig bättre överblick över en hel elinstallation, när man får planera allting från början till slut. Dessutom fick man en bättre översikt ur det ekonomiska perspektivet i och med att en kostnadskalkyl gjordes för projektet. Vid oklarheter har jag fått hjälp av handledaren Lars Enström både gällande den praktiska och teoretiska delen. Dessutom har jag använt mig av standardböckerna *SFS-Handbok 600* och *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Dessa ligger som grund för själva elplaneringen, men även för den teoretiska delen.

## Källförteckning

- /1/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 275-299
- /2/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 62-69
- /3/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 243-251
- /4/ Finlands Standardiseringsförbund (2013) *SFS-Handbok 600-1:sv*. Helsingfors s. 268
- /5/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 245
- /6/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 247
- /7/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 252-260
- /8/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 256
- /9/ Ahoranta, J. & Mattila, P. (1990) *Elinstallationsteknikens grunder*. Helsingfors s. 37
- /10/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 186-191
- /11/ Finlands Standardiseringsförbund (2013) *SFS-Handbok 600-1:sv*. Helsingfors s. 220, 239-253
- /12/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 216-217
- /13/ Tiainen, E. (2013) *DI-2012 – Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo s. 217
- /14/ Kyldelar i Malmö AB <http://www.kyldelar.se/Katalog/#/67/> (hämtat: mars 2015)

## Bilaga 1. Armaturförteckning och belysningsberäkningar

### Elektroskandia Sverige AB E7212216 IVALO EX KOMPAKT HQI-BT 400 1xMT 400



Fabrikat: i-Valo

Kapslingsklass:

IP 64. ~ . Klass I. ta -20.+40° C.

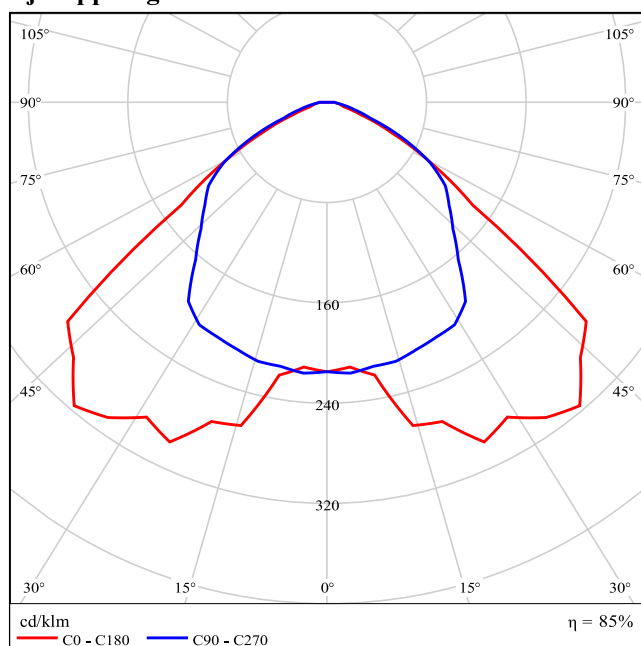
Explosionsgrupp:

§ II 2 D.

Montage:

Tak, konsol och lina. Maximum tippning i sidled 45° C.

#### Ljusöppning 1 / Polar LVK



Utförande:

Sluten konstruktion med dammfilter. Armaturram av epoxipulverlackerat, profilsprutat aluminium. Härdat säkerhetsglas. Tätning med silikontätningar och -tätningssmassa testade för belysningsarmaturer.

Reflektor:

Reflektor av renaluminium.

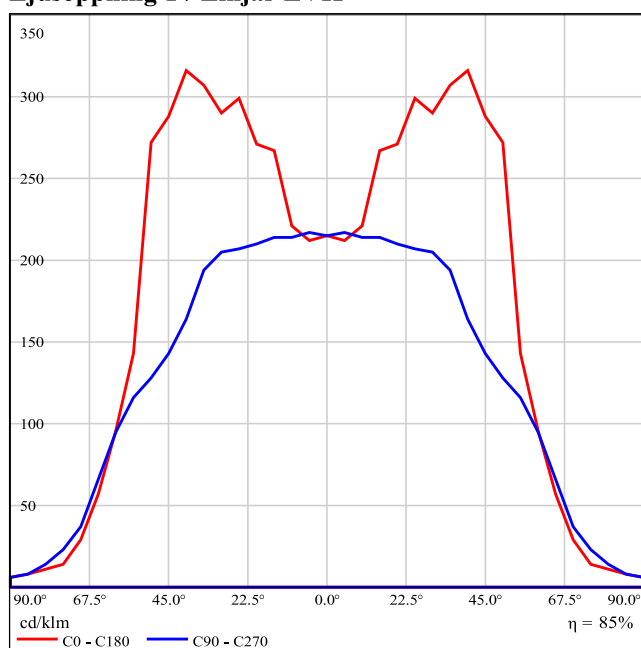
Anslutning:

Armaturerna är försedda med en inre anslutningsplint för genomgående 5x2,5 mm<sup>2</sup> i ena gaveln.

Elektriska data:

230 V, 50 Hz, effektfaktor 0,9.

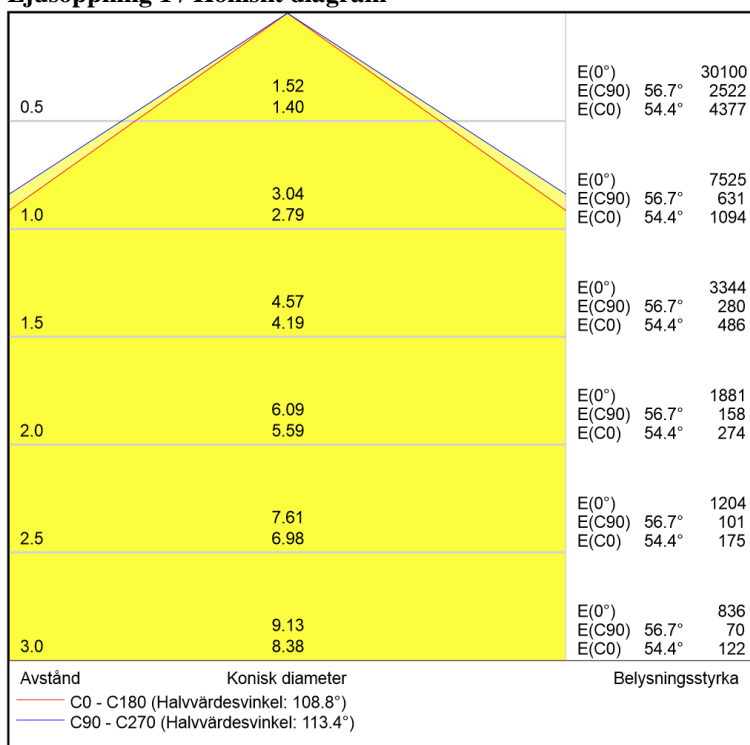
#### Ljusöppning 1 / Linjär LVK



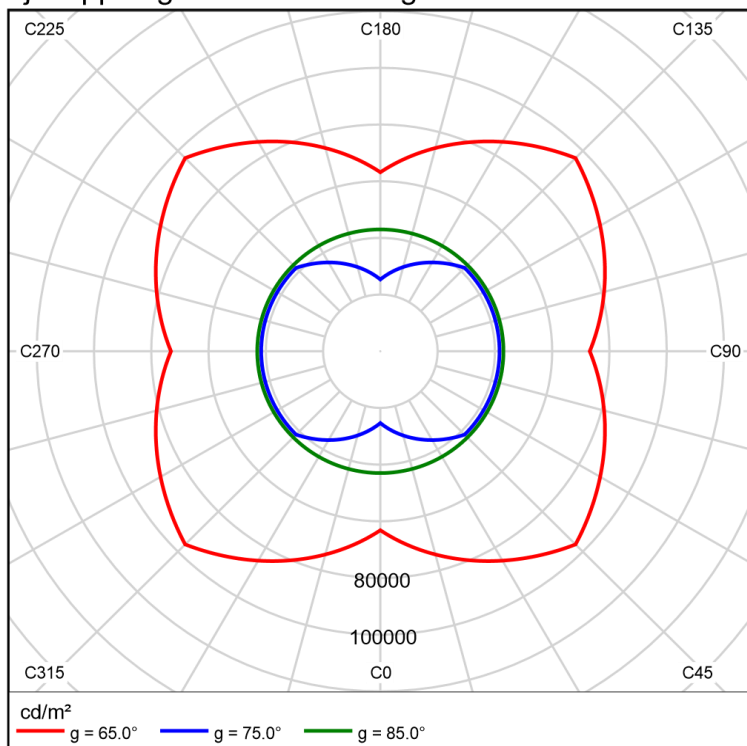
Övrigt:

Armaturen överensstämmer med anordningsgruppen 2 (Category 2). Armaturen kan monteras i utrymmen av klass 21 (Zone 21), ett explosionsfarligt utrymme där antändbara dammoln sannolikt emellanåt förekommer i luften under normala förhållanden. Armaturen kan också monteras i utrymmen av klass 22 (Zone 22), ett utrymme där antändbara dammoln sannolikt inte förekommer i luften under normala förhållanden, men kan förekomma kortvarigt. Armaturen FÅR INTE MONTERAS i utrymmen av klass 20 (Zone 20), ett explosionsfarligt utrymme där antändbara dammoln förekommer i luften alltid, långvarigt eller ofta. Armaturens konstruktion för inte ändras eller modifieras. Levereras med monterad och provad ljuskälla.

## Ljusöppning 1 / Koniskt diagram



## Ljusöppning 1 / Luminansdiagram





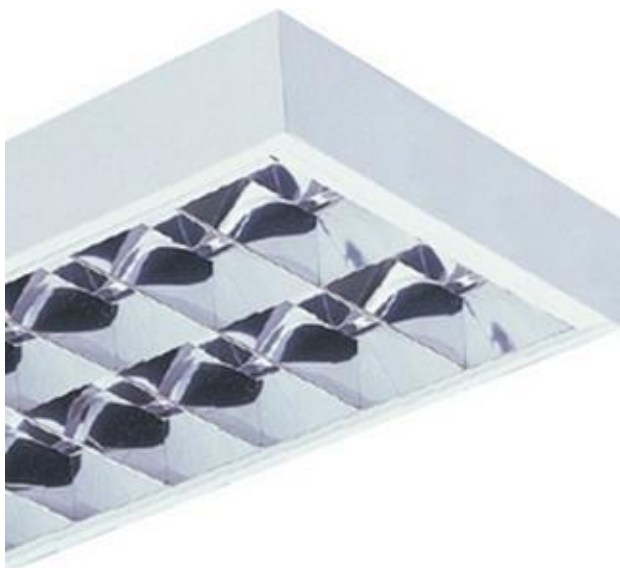
### Ljusöppning 1 / UGR-diagram

Beräkning av bländning enligt UGR										
Tak	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
Väggar	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
Golv	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Rumsstorlek X Y	Blickriktning tvärs till tvärsaxel					Blickriktning längs till tvärsaxel				
2H 2H	30.6	31.9	30.9	32.1	32.3	29.6	30.9	29.9	31.1	31.3
3H	30.8	31.9	31.1	32.2	32.5	30.1	31.2	30.4	31.5	31.7
4H	30.8	31.9	31.1	32.2	32.4	30.2	31.2	30.5	31.5	31.8
6H	30.8	31.8	31.1	32.1	32.4	30.2	31.2	30.6	31.5	31.8
8H	30.8	31.7	31.2	32.1	32.4	30.3	31.2	30.6	31.5	31.9
12H	30.8	31.7	31.2	32.0	32.4	30.3	31.2	30.7	31.5	31.9
4H 2H	31.0	32.1	31.3	32.4	32.7	30.2	31.3	30.6	31.6	31.9
3H	31.3	32.2	31.7	32.6	32.9	30.8	31.7	31.2	32.0	32.4
4H	31.4	32.2	31.8	32.5	32.9	31.0	31.8	31.4	32.1	32.5
6H	31.4	32.1	31.8	32.5	32.9	31.1	31.8	31.5	32.2	32.5
8H	31.4	32.1	31.9	32.5	32.9	31.1	31.8	31.6	32.2	32.6
12H	31.5	32.1	31.9	32.5	32.9	31.2	31.8	31.6	32.2	32.6
8H 4H	31.4	32.0	31.8	32.4	32.8	31.0	31.6	31.4	32.0	32.4
6H	31.5	32.0	31.9	32.4	32.9	31.2	31.7	31.6	32.1	32.6
8H	31.5	32.0	32.0	32.5	32.9	31.3	31.7	31.8	32.2	32.7
12H	31.6	32.0	32.1	32.5	33.0	31.4	31.8	31.9	32.2	32.7
12H 4H	31.4	32.0	31.8	32.4	32.8	31.0	31.5	31.4	32.0	32.4
6H	31.5	31.9	32.0	32.4	32.9	31.2	31.6	31.7	32.1	32.6
8H	31.6	32.0	32.1	32.4	32.9	31.3	31.7	31.8	32.2	32.7
Variation av åskådarposition för tvärsavstånd S										
S = 1.0H	+0.6 / -0.6					+0.2 / -0.3				
S = 1.5H	+1.6 / -2.3					+1.4 / -1.5				
S = 2.0H	+2.5 / -3.8					+2.3 / -2.6				
Standardtabell	BK02					BK02				
Korrektionsfaktor	13.2					12.8				
Korrigerade bländindikeringar relaterade till 35000lm Totalt ljusflöde										

UGR-värden beräknas enligt CIE Publ. 117.

Avstånd-till-höjdförhållande = 0.25

### 3F Filippi 10031 P 202x36 HF 2M 1x36W 2xT8 EEI A2 / Armaturdatablad (1x36W 2xT8 EEI A2)



#### ILLUMINOTECHNICAL CHARACTERISTICS

Luminous efficiency >65%.

Direct symmetric distribution.

Average luminance <200 cd/m<sup>2</sup> for radial angles >65°.

UGR <17 (EN 12464-1).

#### MECHANICAL CHARACTERISTICS

2M parabolic louvre in specular aluminium, with transverse blades closed at the top.

Film protective against dust and finger marks, adhesive, attached to louvre.

Housing in white painted steel.

Dimensions: 270x1231 mm, height 82 mm.

Weight 6.7 kg.

IP20 protection degree.

Luminaire with limited surface temperature. - D Glow-wire test resistance 960°C.

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

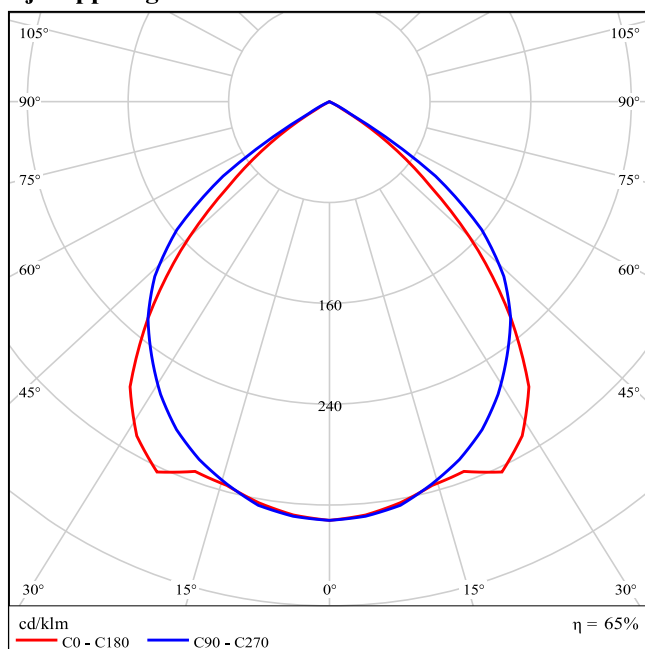
EEI A2 electronic wiring, 230V-50/60Hz, power factor >0.95, lamp warm start, constant output power, class I.

ENEC.

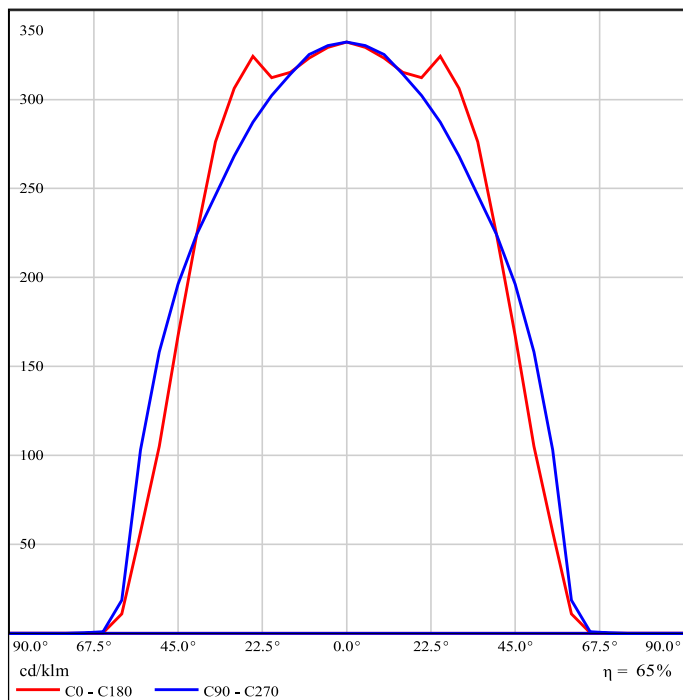
#### APPLICATIONS

In environments with VDTs, public offices and schools.

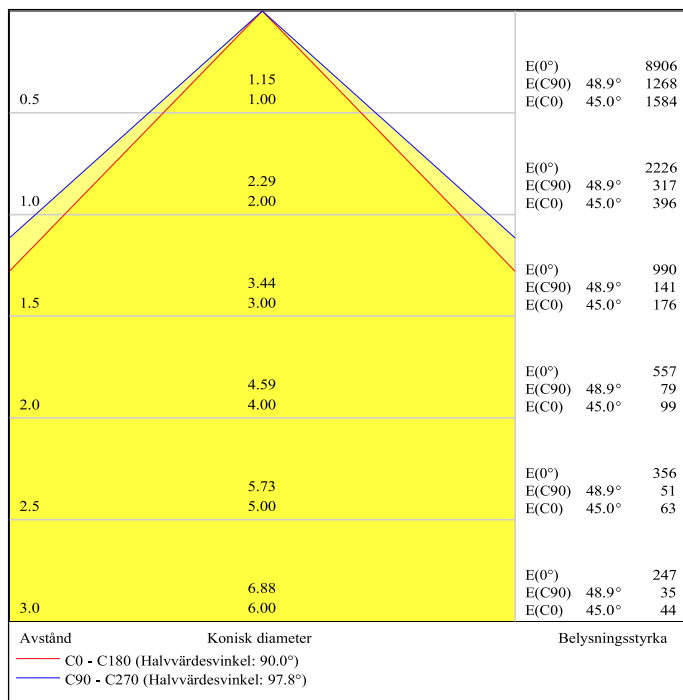
#### Ljusöppning 1 / Polar LVK



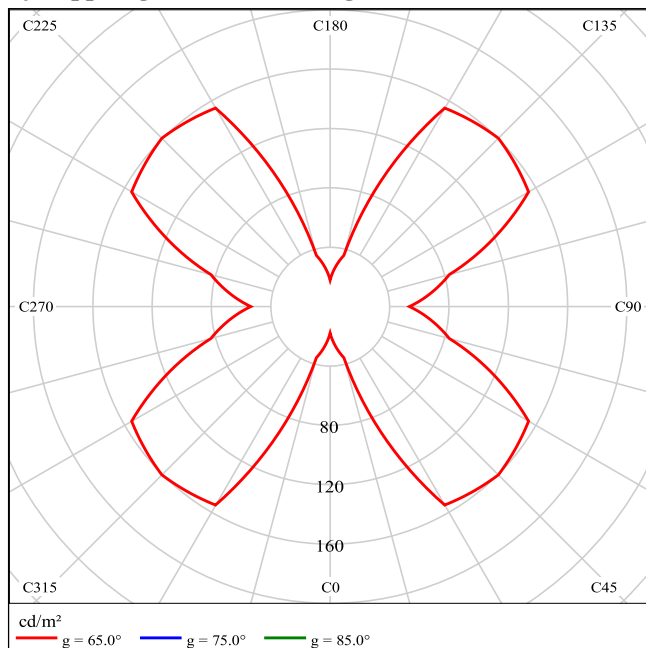
## Ljusöppning 1 / Linjär LVK



## Ljusöppning 1 / Koniskt diagram



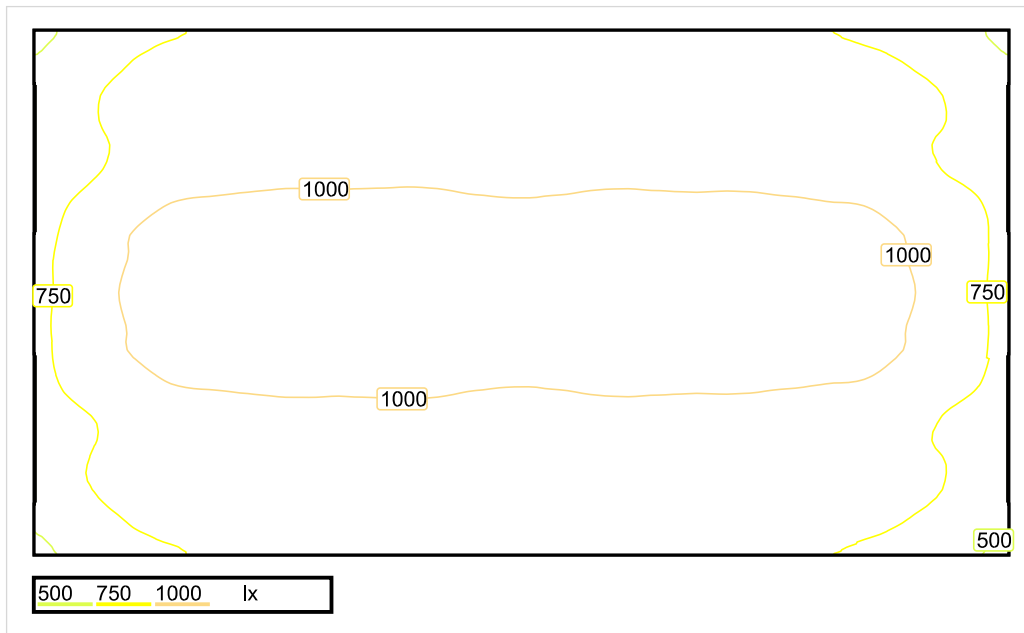
## Ljusöppning 1 / Luminansdiagram



## Ljusöppning 1 / UGR-diagram

Beräkning av bländning enligt UGR											
Tak	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
Väggar	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
Golv	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Rumsstorlek X Y	Blickriktning tvärs till tvärsaxel					Blickriktning längs till tvärsaxel					
2H 2H	16.0	17.0	16.2	17.2	17.4	17.6	18.6	17.8	18.8	19.0	
3H	15.8	16.7	16.1	17.0	17.2	17.4	18.3	17.7	18.6	18.8	
4H	15.7	16.6	16.1	16.8	17.1	17.3	18.2	17.7	18.4	18.7	
6H	15.7	16.4	16.0	16.7	17.0	17.3	18.0	17.6	18.3	18.6	
8H	15.6	16.4	16.0	16.7	17.0	17.2	18.0	17.6	18.3	18.6	
12H	15.6	16.3	16.0	16.6	16.9	17.2	17.9	17.6	18.2	18.5	
4H 2H	16.0	16.8	16.3	17.1	17.4	17.5	18.3	17.8	18.6	18.8	
3H	15.9	16.6	16.2	16.9	17.2	17.3	18.0	17.7	18.3	18.6	
4H	15.8	16.4	16.2	16.7	17.1	17.3	17.8	17.6	18.2	18.5	
6H	15.7	16.2	16.1	16.6	17.0	17.2	17.7	17.6	18.1	18.4	
8H	15.7	16.2	16.1	16.5	16.9	17.1	17.6	17.6	18.0	18.4	
12H	15.7	16.1	16.1	16.5	16.9	17.1	17.5	17.5	17.9	18.3	
8H 4H	15.7	16.2	16.1	16.5	16.9	17.1	17.6	17.6	18.0	18.4	
6H	15.6	16.0	16.1	16.4	16.9	17.1	17.4	17.5	17.9	18.3	
8H	15.6	15.9	16.0	16.3	16.8	17.0	17.3	17.5	17.8	18.3	
12H	15.5	15.8	16.0	16.3	16.8	17.0	17.2	17.4	17.7	18.2	
12H 4H	15.7	16.1	16.1	16.5	16.9	17.1	17.5	17.5	17.9	18.3	
6H	15.6	15.9	16.0	16.3	16.8	17.0	17.3	17.5	17.8	18.3	
8H	15.5	15.8	16.0	16.3	16.8	17.0	17.2	17.4	17.7	18.2	
Variation av åskådarposition för tvärsavstånd S											
S = 1.0H	+1.4 / -3.3					+1.0 / -1.1					
S = 1.5H	+2.8 / -15.0					+2.2 / -11.9					
S = 2.0H	+4.4 / -35.8					+3.8 / -30.2					
Standardtabell	BK00					BK00					
Korrektionsfaktor	-4.0					-2.5					
Korrigerade bländindikeringar relaterade till 6700lm Totalt ljusflöde											

UGR-värden beräknas enligt CIE Publ. 117. Avstånd-till-höjdförhållande = 0.25

**Rum 1 / Sammanfattning av rum**

Skala: 1 : 200

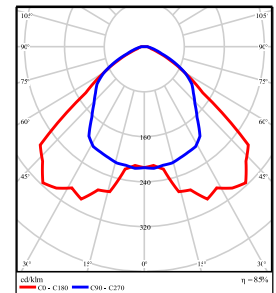
**Vinkelrät belysningsstyrka (adaptiv)**

Namn	Medel [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Min./mellan	Min./Max.	Punkter (därav relevant)
Beräkningsplan 1	923	450	1218	0.488	0.369	1024 x 512 (523704)

Rumshöjd: 5.000 m, Beräknings höjd: 0.800 m, Gränssyta: 0.000 m, Reflektionsfaktor: Tak 0,0%, Väggar 50,0%, Golv 20,0%, Underhållsfaktor: 0,80

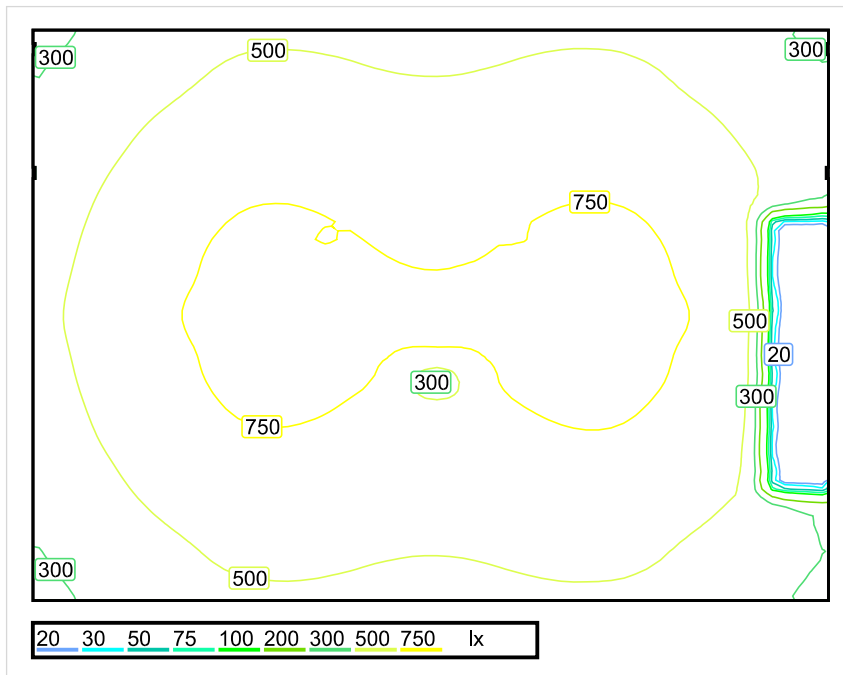
Nr. Antal

1	16	Elektroskandia Sverige AB E7212216 IVALO KOMPACT HQI-BT Operativ verkningsgrad: Ljusflöde: 29831 lm, Effekt: 440.0
---	----	--



Totalt ljusflöde: 477294 lm, Totalt effekt: 7040 W

Specifika anslutningsvärden: 19.37 W/m<sup>2</sup> = 2.10 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Yta 363.41 m<sup>2</sup>)

**Rum 1 / Sammanfattning av rum**

Skala: 1 : 50

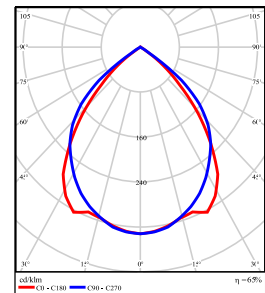
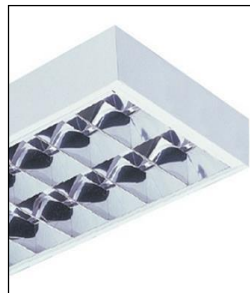
**Vinkelrät belysningsstyrka (adaptiv)**

Namn	Medel [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Min./mellan	Min./Max.	Punkter (därav relevant)
Beräkningsplan 1	571	4.29	841	0.008	0.005	64 x 64 (alla)

Rumshöjd: 2.800 m, Beräknings höjd: 0.800 m, Gränsyta: 0.000 m, Reflektionsfaktor: Tak 70,0%, Väggar 50,0%, Golv 20,0%, Underhållsfaktor: 0,80

Nr.    Antal

1	4	3F Filippi 10031 P 202x36 HF Operativ verkningsgrad: Ljusflöde: 4359 lm, Effekt: 71.0
---	---	---

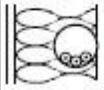
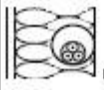

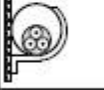

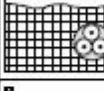

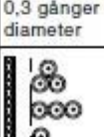
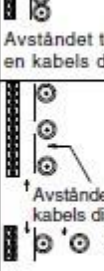


Totalt ljusflöde: 17435 lm, Totalt effekt:

Specifika anslutningsvärden: 13.95 W/m<sup>2</sup> = 2.44 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Yta 20.36 m<sup>2</sup>)

## Bilaga 2. Utdrag ur standarden SFS-EN 6000-5-52 (med tillåtelse av SFS)

Tabell B.52.1 Företeckning över referensinstallationsätt

Referensinstallationsätt		Tabell och kolumn				
		Belastningsförmåga för enskild krets		Korrektsionsfaktor för temperaturen	Korrektsionsfaktor för anhopning	
		PVC-isolerad	PEX/EPR isolerad			
1	2	3	4	5	6	
	Rum Isolerade ledare i rör i en värmeisolerad vägg	A/ A1	B.52.2 kolumn 2/3	B.52.3 kolumn 2	B.52.14	B.52.17
	Rum Flerledarkabel i rör i värmeisolerad vägg	A/ A2	B.52.2 kolumn 2/3	B.52.3 kolumn 2	B.52.14	B.52.17
	Isolerade ledare i rör på vägg	B/ B1	B.52.2 kolumn 4/5	B.52.3 kolumn 3	B.52.14	B.52.17
	Kabel i rör på vägg	B/ B2	B.52.2 kolumn 4/5	B.52.3 kolumn 3	B.52.14	B.52.17
	En- eller flerledarkabel på trävägg	C	B.52.2 kolumn 6/7	B.52.3 kolumn 4	B.52.14	B.52.17
	Flerledarkabel i marken	D	B.52.2 kolumn 8	B.52.3 kolumn 5	B.52.15	B.52.18 och B.52.19
 Avståndet till vägg minst 0,3 gånger kabelns diameter	Flerledarkabel fritt i luften	E	Koppar B.52.4 Aluminium B.52.5	Koppar B.52.6 Aluminium B.52.7	B.52.14	B.52.17
 Avståndet till vägg minst en kabels diameter	Enledarkablar berör varandra fritt i luft	F	Koppar B.52.4 Aluminium B.52.5	Koppar B.52.6 Aluminium B.52.7	B.52.14	B.52.17
 Avståndet minst en kabels diameter	Enledarkablar med inbördes avstånd fritt i luft	G	Koppar B.52.4 Aluminium B.52.5	Koppar B.52.6 Aluminium B.52.7	B.52.14	–

**Tabell B.52.2 Belastningsförmågan i ampere för referensinstallationssätten A, B, C och D. PVC-isolerade koppar- eller aluminiumkablar, normalt tre belastade ledare, likaledes två belastade ledare för mindre dimensioner. Ledarens temperatur 70 °C. Omgivningens temperatur: 25 °C i luft och 15 °C i marken**




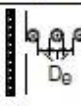
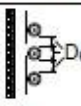
Nominell tvärsnittsarea för ledare mm <sup>2</sup>	Referensinstallationssätt enligt tabell B.52.1						
	A		B		C		D
	tre belastade ledare	två belastade ledare	tre belastade ledare	två belastade ledare	tre belastade ledare	två belastade ledare	tre belastade ledare
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Koppar</b>							
1,5	14	15	16	17,5	18,5	20	26
2,5	19	20	21	24	25	29	35
4	24	27	29	32	34	38	46
6	31	34	36	40	43	49	57
10	41	46	49	55	60	67	77
16	55	60	66	73	80	90	100
25	72	79	85	95	102	119	130
35	88	97	105	118	126	146	160
50	105		125		153		190
70	133		158		195		240
95	159		190		236		285
120	182		218		274		325
150	208		–		317		370
185	236		–		361		420
240	278		–		427		480
300	316		–		492		550
<b>Aluminium</b>							
16	43		51		62		78
25	56		66		77		100
35	69		82		95		125
50	83		97		117		150
70	104		123		148		185
95	125		147		180		220
120	143		170		209		255
150	164		–		240		280
185	187		–		274		330
240	219		–		323		375
300	257		–		372		430









**Tabell B.52.3 Belastningsförmågan i ampere för referensinstallationssätten A, B, C och D. PEX- eller EPR-isolerade koppar- eller aluminiumledare, tre belastade ledare. Ledarens temperatur: i luft 90 °C, i marken 65 °C. Omgivningens temperatur: i luft 25 °C, i mark 15 °C**

Nominell tvärsnittsarea för ledare mm <sup>2</sup>	Referensinstallationssätt enligt tabell B.52.1			
	A	B	C	D
1	2	3	4	5
<b>Koppar</b>				
1,5	17	20	23	26
2,5	23	27	31	35
4	31	36	42	46
6	39	45	52	57
10	53	62	71	77
16	70	83	100	100
25	92	109	124	130
35	113	133	153	160
50	135	160	186	190
70	170	202	238	240
95	205	242	289	285
120	236	278	335	325
150	269	–	386	370
185	306	–	441	420
240	360	–	520	480
300	411	–	599	550
<b>Aluminium</b>				
16	57	66	79	78
25	73	87	94	100
35	90	107	116	125
50	108	129	141	150
70	136	162	181	185
95	163	195	219	220
120	187	224	255	255
150	214	–	294	280
185	242	–	336	330
240	283	–	397	375
300	325	–	458	430






**Tabell B.52.4 Belastningsförmågan i ampere för referensinstallationssätten E, F och G i tabell A.52-1. PVC-isolerade kopparledare. Leartemperatur: 70 °C. Omgivningstemperatur: 25 °C**

Nominell tvärsnittsarea för ledare	Referensinstallationssätt enligt tabell B.52.1				
	Flerledarkabel	Enledarkabel			
	Tre belastade ledare	Tre belastade ledare i triangel	Tre belastade ledare i samma plan		
			Berör varandra	Med avstånd	
			Vågrätt	Lodrätt	
					
	E	F	F eller	G	G
1	2	3	4	5	6
1,5	19	–	–	–	–
2,5	26	–	–	–	–
4	36	–	–	–	–
6	45	–	–	–	–
10	63	–	–	–	–
16	85	–	–	–	–
25	107	117	121	155	138
35	134	145	152	192	172
50	162	177	184	232	209
70	208	229	238	298	269
95	252	280	291	361	330
120	292	326	340	420	384
150	338	377	395	483	444
185	386	434	453	552	509
240	456	514	537	652	603
300	527	595	622	751	698
400	–	695	730	903	843
500	–	794	836	1041	975
630	–	906	959	1206	1134






**Tabell B.52.5 Belastningsförmågan i ampere för referensinstallationssätten E, F och G i tabell B.52.1. PVC-isolerade aluminiumledare. Leartemperatur: 70 °C. Omgivningstemperatur: 25 °C**

Nominell tvärsnittsarea för ledare mm <sup>2</sup>	Referensinstallationssätt enligt tabell B.52.1				
	Flerledarkabel	Enledarkabel			
	Tre belastade ledare	Tre belastade ledare i triangel	Tre belastade ledare i samma plan		
			Berör varandra  eller	Med avstånd	
				Vågrätt 	Lodrätt 
	E	F	F	G	G
1	2	3	4	5	6
16	65	–	–	–	–
25	83	89	92	119	105
35	102	111	116	147	131
50	124	136	141	179	161
70	159	176	183	230	208
95	194	215	225	281	255
120	225	251	262	326	299
150	260	290	304	377	347
185	297	334	350	431	399
240	350	397	415	511	474
300	404	460	482	590	550
400	–	558	585	711	667
500	–	647	678	821	774
630	–	754	791	954	903

**Tabell B.52.6 Belastningsförmågan i ampere för referensinstallationsätten E, F och G i tabell A.52-1. PEX- eller EPR-isolerade kopparledare. Ledartemperatur: 90 °C. Omgivningstemperatur: 25 °C**

Nominell tvärsnittsarea för ledare mm <sup>2</sup>	Referensinstallationsätt enligt tabell B.52-1				
	Flerledarkabel	Enledarkabel			
	Tre belastade ledare	Tre belastade ledare i triangel	Tre belastade ledare i samma plan		
			Berör varandra	Med avstånd	
				Vågrätt	Lodrätt
					
1	2	3	4	5	6
1,5	24	–	–	–	–
2,5	33	–	–	–	–
4	44	–	–	–	–
6	56	–	–	–	–
10	78	–	–	–	–
16	104	–	–	–	–
25	132	140	147	189	167
35	164	176	183	235	209
50	200	215	225	286	256
70	256	279	290	367	331
95	310	341	356	447	405
120	370	398	416	520	472
150	415	462	483	600	548
185	474	530	554	687	629
240	560	631	659	812	747
300	646	731	765	938	866
400	–	856	902	1 128	1 048
500	–	984	1 038	1 303	1 216
630	–	1 132	1 197	1 512	1 416

**Tabell B.52.7 Belastningsförmågan i ampere för referensinstallationssätten E, F och G i tabell A.52-1. PEX- eller EPR-isolerade aluminiumledare. Ledartemperatur: 90 °C. Omgivningstemperatur: 25 °C**

Nominell tvärsnittsarea för ledare  mm <sup>2</sup>	Referensinstallationssätt enligt tabell B.52.1				
	Flerledarkabel	Enledarkabel			
	Tre belastade ledare	Tre belastade ledare i triangel	Tre belastade ledare i samma plan		
			Berör varandra	Med avstånd	
				Vågrätt	Lodrätt
		 eller			
E	F	F	G	G	
1	2	3	4	5	6
16	80	–	–	–	–
25	101	107	111	144	127
35	125	134	140	179	159
50	152	165	172	218	195
70	194	214	224	282	254
95	236	263	275	345	312
120	274	308	320	402	365
150	316	357	372	466	424
185	361	411	430	536	489
240	425	490	512	635	583
300	490	569	594	736	678
400	–	689	722	890	824
500	–	800	838	1 030	958
630	–	935	980	1 200	1 120

**Tabell B.52.8 Belastningsförmåga i ampere för flexibel anslutningskabel fritt i luft. PVC- eller EPR-isolerade kopparledare. Omgivningstemperatur 25 °C, ledartemperatur 70 °C eller 60 °C (kablar enligt EN 50525-2-22 (HD 22.14) 90 °C)**

ANM. Tabellen är en förenkling av tabell 7 i harmoniseringsdokumentet HD 516 S 2 Guide to use of low voltage harmonized cables genom ändring av omgivningstemperaturen till 25 °C. Här anges endast de vanligaste belastningsfallen. Enskilda belastningsfall behandlas noggrannare i harmoniseringsdokumentet HD 516 (SFS-handbok 650 Kaapeleiden käyttöohje).

Nominell tvärsnittsarea för ledare mm <sup>2</sup>	Belastningsförmåga fritt i luft			
	PVC eller vanlig EPR-isolerad anslutningskabel enligt HD 21 eller 22		Stark EPR-isolerad anslutningskabel H07RN-F	
	enfasig belastning	trefasig belastning	tre ledare, två belastade ledare	fyra ledare, tre belastade ledare
0,5	3	3		
0,75	6	6		
1,0	10	10		
1,5	17	17		
2,5	26	21		
4	34	26	36	31
6	42		46	39
10	66		64	54
16			85	72
25			113	96
35			140	119
50			176	149
70			219	185
95			260	219
120			304	256
150			348	293
185			393	332

**Tabell B.52.9 Belastningsförmåga för AMKA hängspiralkabel (SFS 2200) i ampere fritt i luft (referensinstallationssätt G). Aluminiumledare med PE-isolation. Ledartemperatur: +70 °C. Omgivningstemperatur: 25 °C. Skydd av AMKA servisleddning, se också del 8-801**

Nominell tvärsnittsarea för ledare mm <sup>2</sup>	Belastningsförmåga fritt i luft
1 x 16 + 25	75
3(4) x 16 + 35	70
3 x 25 + 35	90
3 x 35 + 70 (50)	115
3 x 50 + 70	140
3 x 70 + 95	180
3 x 120 + 95	250

**Tabell B.52.14 Korrektionsfaktorer som används i samband med installation av kablar i luft där omgivningstemperaturen är annan än 25 °C**

Omgivningens temperatur °C	Korrektionsfaktor enligt ledarnas isolation och tillåtna temperatur	
	70 °C PVC	90 °C PEX, EPR, PVC 90 °C
10	1,15	1,11
15	1,10	1,07
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	0,96
35	0,88	0,92
40	0,82	0,88
45	0,75	0,84
50	0,67	0,79
55	0,58	0,73
60	0,47	0,68
65	–	0,62
70	–	0,56
75	–	0,48
80	–	0,39

**Tabell B.52.15 Korrektionsfaktorer för andra marktemperaturer än 15 °C**

Marktemperatur °C	Korrektionsfaktor enligt ledarisation	
	PVC	PEX och EPR
0	1,13	1,10
5	1,09	1,06
10	1,05	1,03
15	1,00	1,00
20	0,95	0,96
25	0,90	0,93
30	0,85	0,89

**Tabell B.52.16 Korrektionsfaktorer för kablar förlagda i mark vars värmesistivitet avviker från 1,0 K · m/W**

Värmesistivitet, K · m/W	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Korrektionsfaktor	1,1	1,0	0,92	0,85	0,75	0,69	0,63

**Tabell B.52.17 Korrektionsfaktorer vid anhopningar, som består av flera kretsar eller kablar. Korrektionsfaktorena används för korrigering av belastningsförmågan i tabellerna B.52.2 – B.52.8**


Fall	Placering (kablar berör varandra)	Antal kretsar eller flerledarkablar												Används tillsammans med belastningsförmåga från tabell
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Förknippade i luft, på ytan, infällda eller inkapslade	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2... B.52.7 installations-sätt A – F
2	Ett lager på vägg, golv eller operererad kabelhylla	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	För mer än nio flerledarkablar eller kretsar krävs ingen ytterligare korrektion			B.52.2... B.52.3 installations-sätt C
3	Ett lager fäst direkt under ett undertak av trä	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Ett lager på perforerad horisontell eller vertikal kabelhylla	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Ett lager på stege, stöd eller klammer osv.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
<p>ANM. 1 Dessa korrektionsfaktorer tillämpas på anhopningar av likadana eller lika belastade kablar.</p> <p>ANM. 2 Om det horisontella avståndet mellan två intilliggande kablar överstiger 2 ggr kablarnas totala ytterdiameter behöver ingen korrigering göras.</p> <p>ANM. 3 Samma korrektionsfaktor gäller för: – anhopningar bestående av två- eller tre enledarkablar – flerledarkablar.</p> <p>ANM. 4 Om en installation innefattar både två- och treledarkablar, anses antalet kablar vara detsamma som antalet kretsar. Motsvarande korrektionsfaktor för tvåledarkablar tas från tabellen för två belastade ledare, och motsvarande korrektionsfaktor för treledarkablar från tabellen för tre belastade ledare.</p> <p>ANM. 5 Om en grupp innehåller n enledarkablar kan den endera anses motsvara n/2 kretsar med två belastade ledare eller n/3 kretsar med tre belastade ledare.</p> <p>ANM. 6 De angivna korrektionsfaktorena är medelvärden inom det areaområde och för de installationssätt som omfattas av tabellerna B.52.2...B.52.7. Korrektionsfaktoremas noggrannhet ligger inom ±5 %.</p> <p>ANM. 7 Vid vissa installationer, samt för förläggningssätt som inte är medtagna i tabellen ovan kan det vara lämpligt att använda korrektionsfaktorer för speciella fall, se exempel i tabellerna B.52.20 och B.52.21.</p>														




**Tabell B.52.18** Korrigering av belastningsförmågan vid anhopning av flera än en flerledarkablar eller enledarkablar i mark. (Referensinstallationssätt D i tabellerna B.52-2...B.52-3, en- eller flerledarkablar)

Avstånd mellan kablarna a* mm	Antal flerledarkablar bredvid varandra eller enledargrupper bredvid varandra						
	2	3	4	5	6	8	10
	Korrektionsfaktor						
0	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,50	0,46
70	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
250	0,87	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64

\* Flerledarkablar

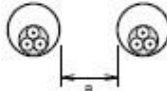


\* Enledarkablar


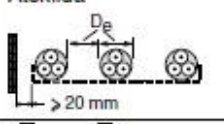
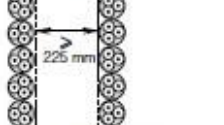
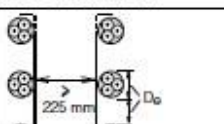
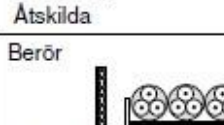
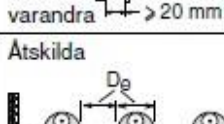
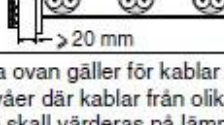


**Tabell B.52.19** Korrigering av belastningsförmåga vid anhopning av kablar i rör förlagda i mark. (Referensinstallationssätt D i tabellerna B.52.2...B.52.3).

Avstånd mellan rör mm	Antal rör bredvid varandra							
	1	2	3	4	5	6	8	10
	Korrektionsfaktor							
0	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50
70		0,75	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55
250		0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65



**Tabell B.52.20 Korrektionsfaktorer vid anhopning av flerledarkablar (ANM. 1), som tillämpas på värden för referensinstallationsätt med flerledarkabel fritt i luft – (Referensinstallationsätt E i tabellerna B.52.4 – B.52.7)**

Referensinstallationsätt enligt tabell B.52.1			Antal hyllor	Antal kablar					
				1	2	3	4	6	9
Perforerade hyllor (ANM. 2)	13	 <p>Berör varandra</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		 <p>Åtskilda</p>	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	–
			2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	–
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	–
Lodrätta perforerade hyllor (ANM. 3)	13	 <p>Berör varandra</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		 <p>Berör varandra</p>	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	–
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	–
		 <p>Åtskilda</p>	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–
Stege, stöd, klammer od. (ANM. 2)	14	 <p>Berör varandra</p>	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
	15 16	 <p>Åtskilda</p>	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	–
<p>Korrektionsfaktorena ovan gäller för kablar i en nivå. Dessa korrektionsfaktorer gäller inte för kablar som är installerade i flera nivåer där kablar från olika nivåer berör varandra. Korrektionsfaktorena för sådana installationer är betydligt lägre och skall värderas på lämpligt sätt.</p>									
<p>ANM. 1 De angivna korrektionsfaktorena är medelvärden för olika kabeltyper och de installationsätt som innefattas av tabellerna B.52.2...B.52.3. Korrektionsfaktorens noggrannhet ligger inom <math>\pm 5\%</math>.</p>									
<p>ANM. 2 Faktorena är angivna för kablar i ett lager (eller enledarkablar i triangel) så som visas i tabellen och är inte tillämpbara om kablarna förläggs i mer än ett lager i kontakt med varandra. Värden för sådana förläggningar kan bli avsevärt lägre och måste fastställas med en lämplig metod.</p>									
<p>ANM. 3 Angivna värden gäller vid minst 300 mm vertikalt avstånd mellan kabelhyllorna och minst 20 mm mellan vägg och kabelhylla. Vid mindre avstånd skall värdena minskas.</p>									
<p>ANM. 4 Angivna värden gäller vid 225 mm horisontellt avstånd mellan kabelhyllorna då hyllorna monteras rygg mot rygg. Vid mindre avstånd skall värdena minskas.</p>									

**Tabell B.52.21 Korrektionsfaktorer vid anhopning av flera enledarkablar (ANM. 1), som tillämpas på värden för referensinstallationssätt med enledarkabel fritt i luft – (Referensinstallationssätt F i tabellerna B.52.4...B.52.7)**

Referensinstallationssätt enligt tabell B.52.1		Antal kabelhyllor	Antal trefas kretsar (ANM. 2)			Korrektionsfaktorer för	
			1	2	3		
Perforerade hyllor (ANM. 3)	13	<p>Berör varandra</p> <p>&gt; 20 mm</p>	1	0,98	0,91	0,87	Tre kablar i samma plan
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Lodrätta perforerade hyllor (ANM. 4)	13	<p>225 mm</p> <p>Berör varandra</p>	1	0,96	0,86	–	Tre kablar i samma plan
			2	0,95	0,84	–	
Stege, stöd, klammer od. (ANM. 3)	14 15 16	<p>&gt; 20 mm</p>	1	1,00	0,97	0,96	Tre kablar i samma plan
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Perforerade hyllor (ANM. 3)	13	<p>&gt; 2De</p> <p>De</p> <p>&gt; 20 mm</p>	1	1,00	0,98	0,96	
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Lodrätta perforerade hyllor (ANM. 4)	13	<p>&gt; 2De</p> <p>De</p> <p>225 mm</p> <p>Åtskilda</p>	1	1,00	0,91	0,89	Tre kablar i triangel
			2	1,00	0,90	0,86	
Stege, stöd, klammer od. (ANM. 3)	14 15 16	<p>&gt; 2De</p> <p>De</p> <p>&gt; 20 mm</p>	1	1,00	1,00	1,00	
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,90	
<p>Korrektionsfaktorema ovan gäller för kablar (eller triangelgrupper) i ett lager och gäller inte då kablar monteras i flera lager direkt ovanför varandra. Korrektionsfaktorer för kablar i flera lager kan medföra en avsevärd reduktion av belastningsförmågan och skall bestämmas med någon lämplig metod.</p>							
<p>ANM. 1 De angivna korrektionsfaktorema är medelvärden för olika kabeltyper och de installationssätt som innefattas av tabellerna B.52.2...B.52.5. Korrektionsfaktoremas noggrannhet ligger inom <math>\pm 5\%</math>.</p>							
<p>ANM. 2 Faktorema är angivna för kablar i ett lager (eller enledarkablar i triangel) så som visas i tabellen och är inte tillämpliga om kablarna förläggs i mer än ett lager i kontakt med varandra. Värden för sådana förläggningar kan bli avsevärt lägre och måste fastställas med en lämplig metod.</p>							
<p>ANM. 3 Angivna värden gäller vid minst 300 mm vertikalt avstånd mellan kabelhyllorna och minst 20 mm mellan vägg och kabelhylla. Vid mindre avstånd skall värdena minskas.</p>							
<p>ANM. 4 Angivna värden gäller vid 225 mm horisontellt avstånd mellan kabelhyllorna då hyllorna monteras rygg mot rygg. Vid mindre avstånd skall värdena minskas.</p>							
<p>ANM. 5 I kretsar med flera än en kabel per fas, skall varje trefasuppsättning av ledare vid användandet av denna tabell betraktas som en separat krets.</p>							
<p>ANM. 6 Om det finns <math>m</math> parallellkopplade ledare per fas, bör korrektionsfaktor bestämmas för <math>m</math> kretsar.</p>							

Tabell C.52.1 Minimivärden för belastningsförmågan hos ledare för olika märkströmmar hos säkringar

Märkströmmen för säkring av gG-typ A	Ledarens minsta tillåtna belastningsförmåga A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

**Exempel på bestämning av ledarens belastningsförmåga och val av säkring**

Hur mycket kan man belasta en AMCMK 4 × 120/41 kabel? Kabeln består av fas- och neutralledare av aluminium med PVC-isolering och en koncentrisk kopparledare som skyddsledare. Kabeln är i huvudsak installerad på perforerad kabelhylla tillsammans med 3 andra likadana kablar utan mellanavstånd. En del av kabeln är installerad i rör på en stenvägg. Hela kabeln är installerad i ett industriutrymme där temperaturen kan vara 30 °C.

**På kabelhylla installerad del**

Enligt referensinstallationssättet E i tabell B.52.5 är kabelns okorrigerade belastningsförmåga 225 A

Korrektionsfaktorn pga. installation på kabelhylla är 0,79 enligt tabell B.52.20

Korrektionsfaktorn pga. temperaturen är 0,94 enligt tabell B.52.14

Kabelns belastningsförmåga är

$$I_z = 225 \times 0,79 \times 0,94 = 167 \text{ A}$$

**I rör installerad del**

Enligt referensinstallationssättet B i tabell B.52.2 är kabelns okorrigerade belastningsförmåga 170 A

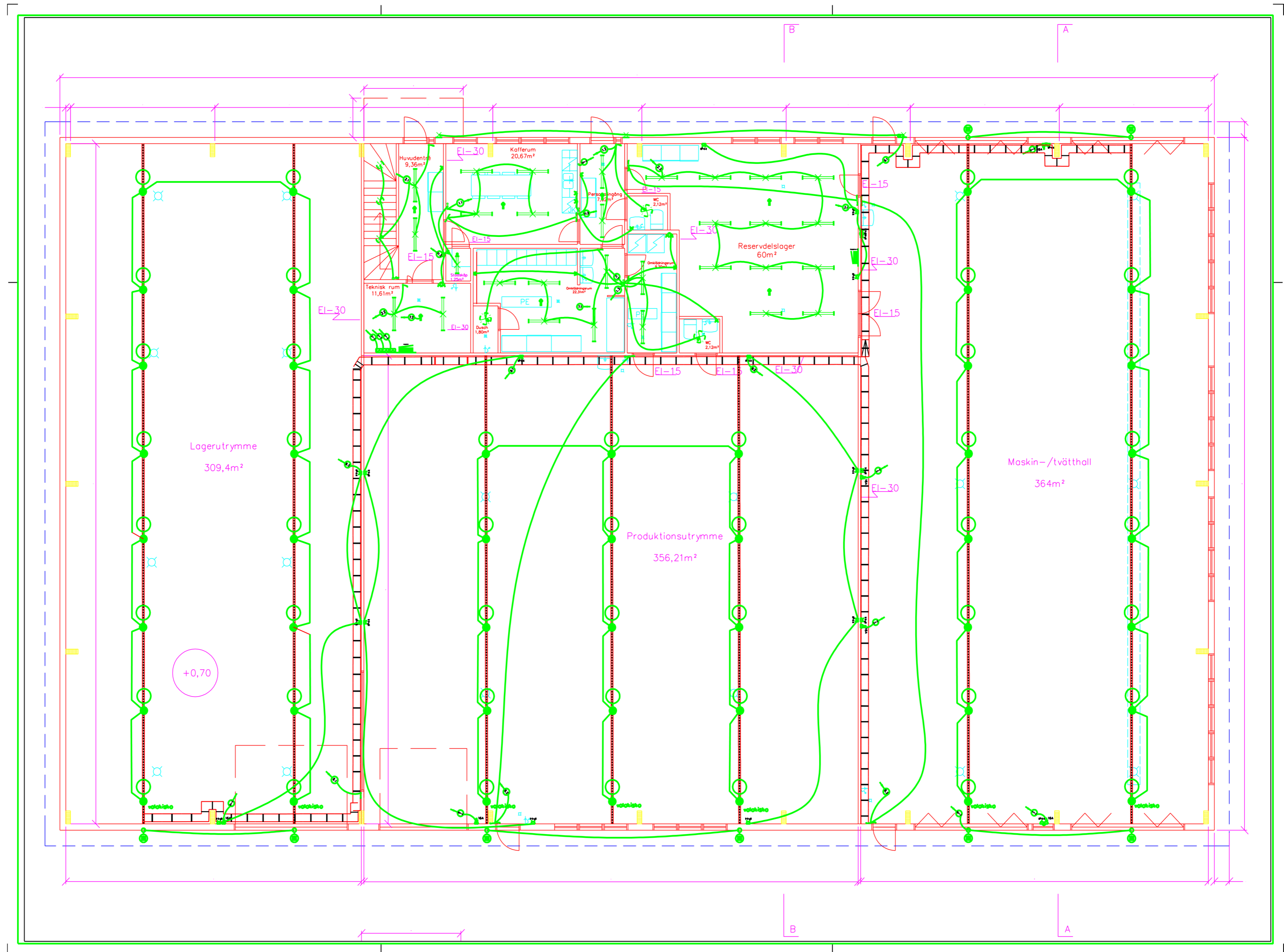
Korrektionsfaktorn pga. temperaturen är 0,94 enligt tabell B.52.14

Kabelns belastningsförmåga är

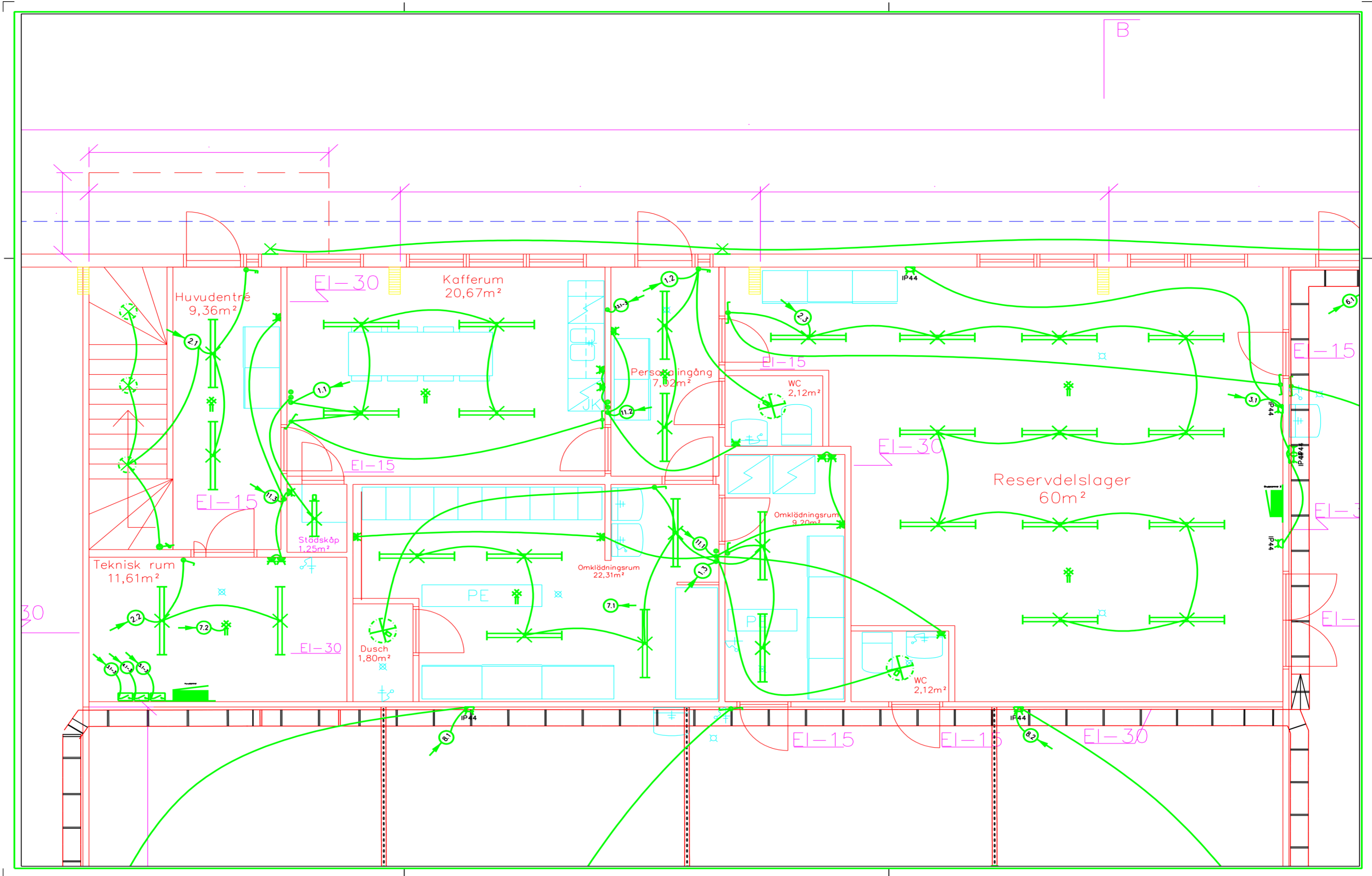
$$I_z = 170 \times 0,94 = 160 \text{ A}$$

Som överbelastningsskydd kan man välja en 125 A säkring enligt tabell C.52.1 eller en brytare med högst 160 A överbelastningsutlösning.

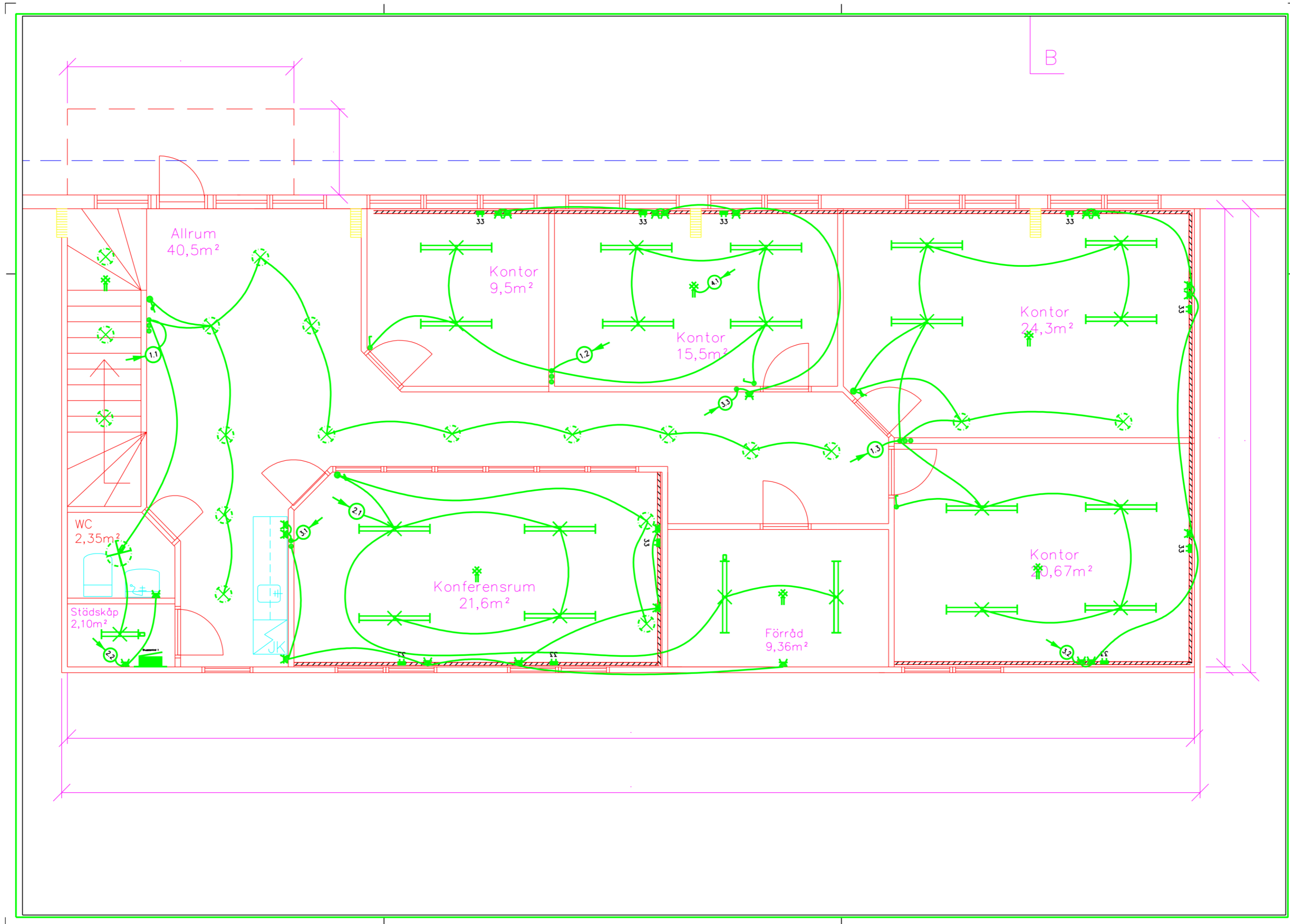
Bilaga 3. Planritning



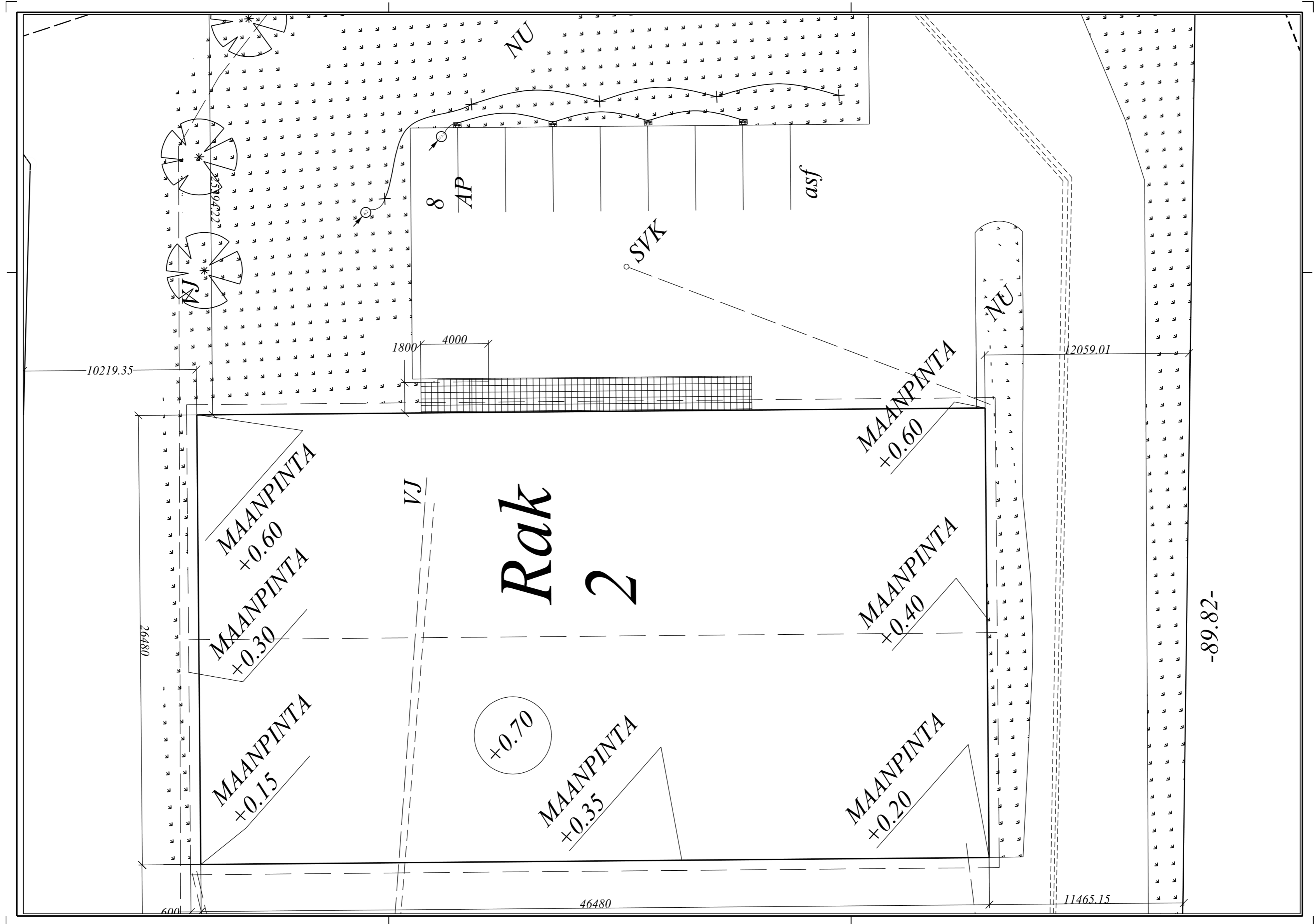
Våning 1 Sociala utrymmen



Våning 2 Kontorsutrymmen

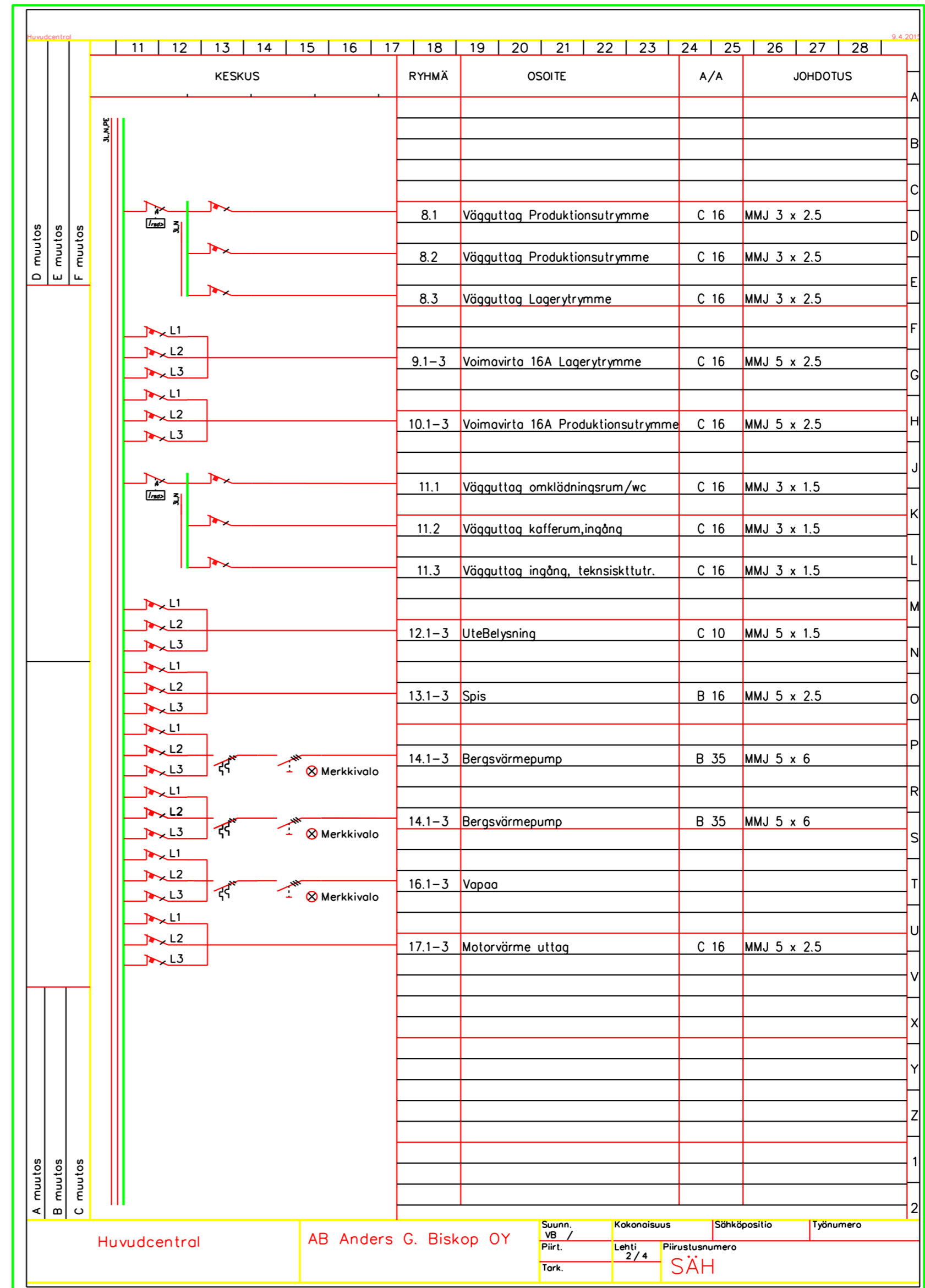
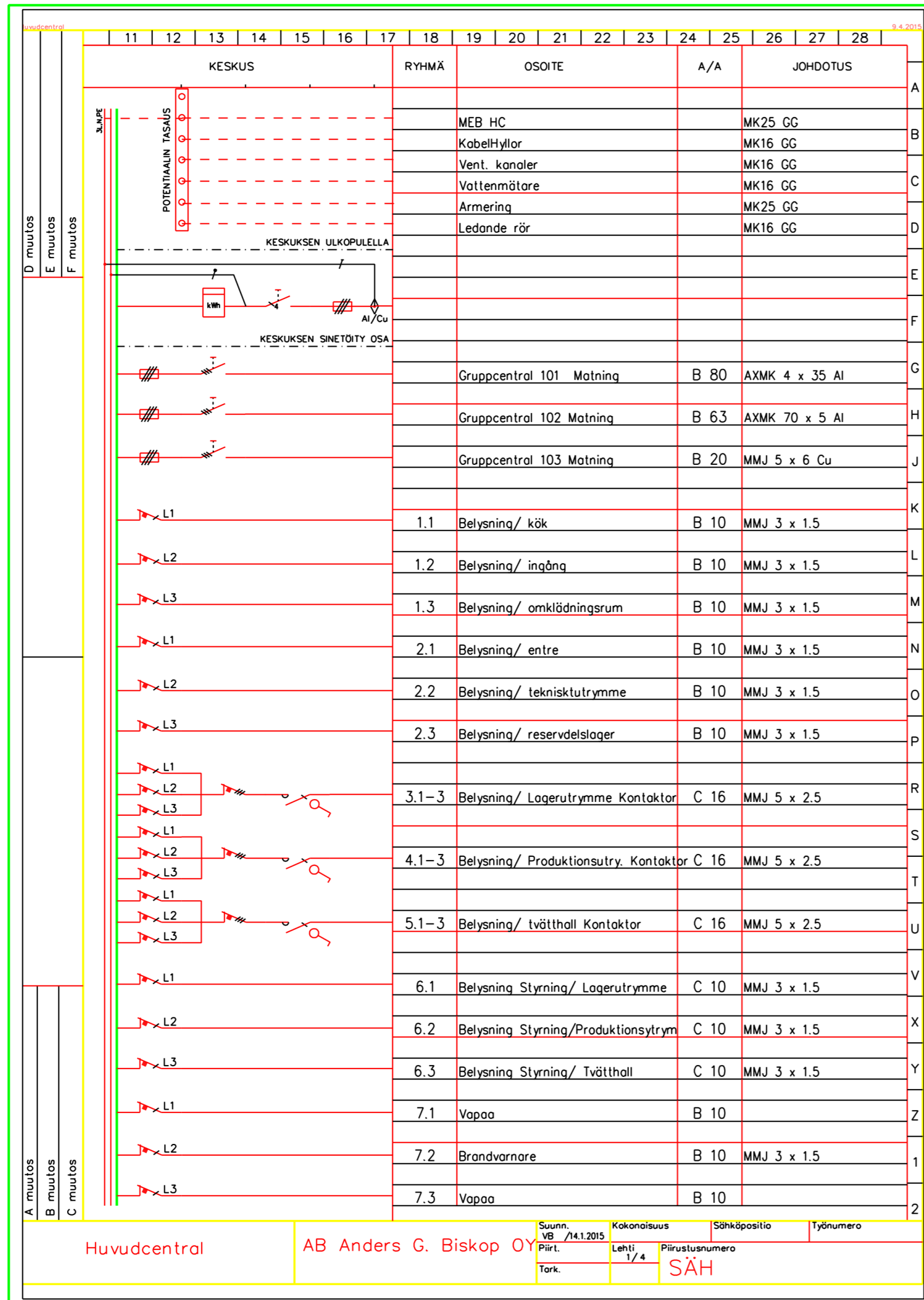


Bilaga 4. Situationsplan

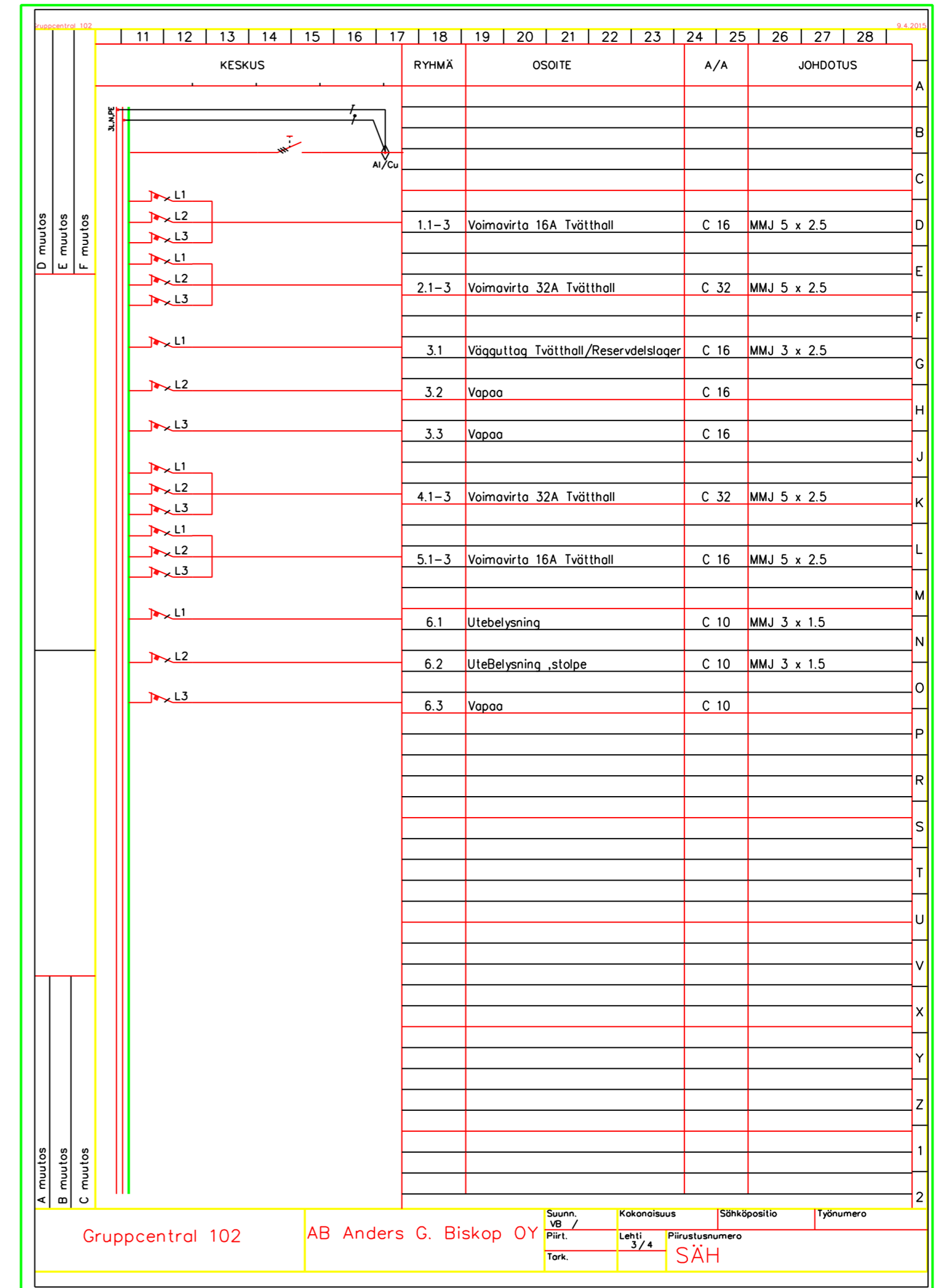
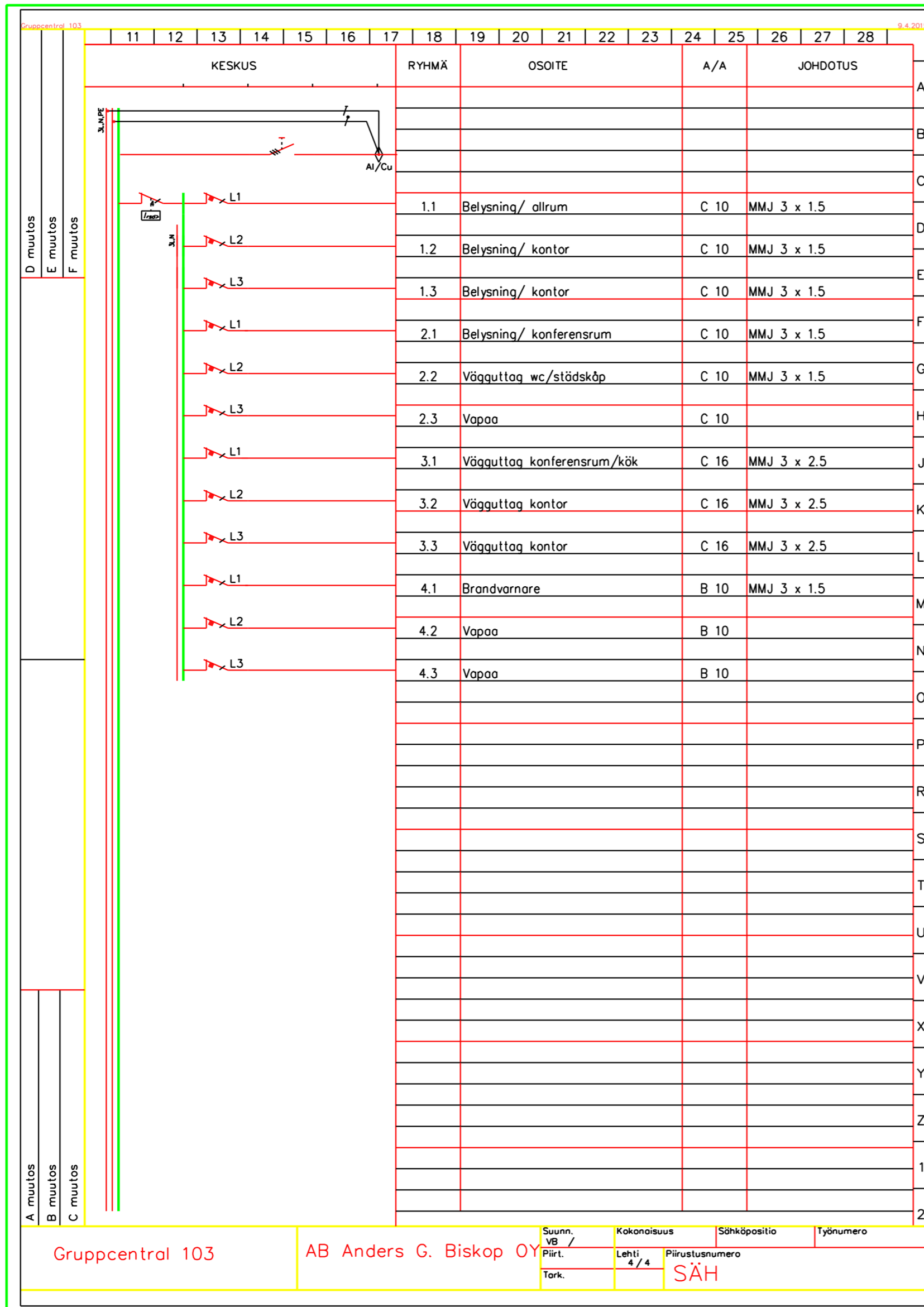




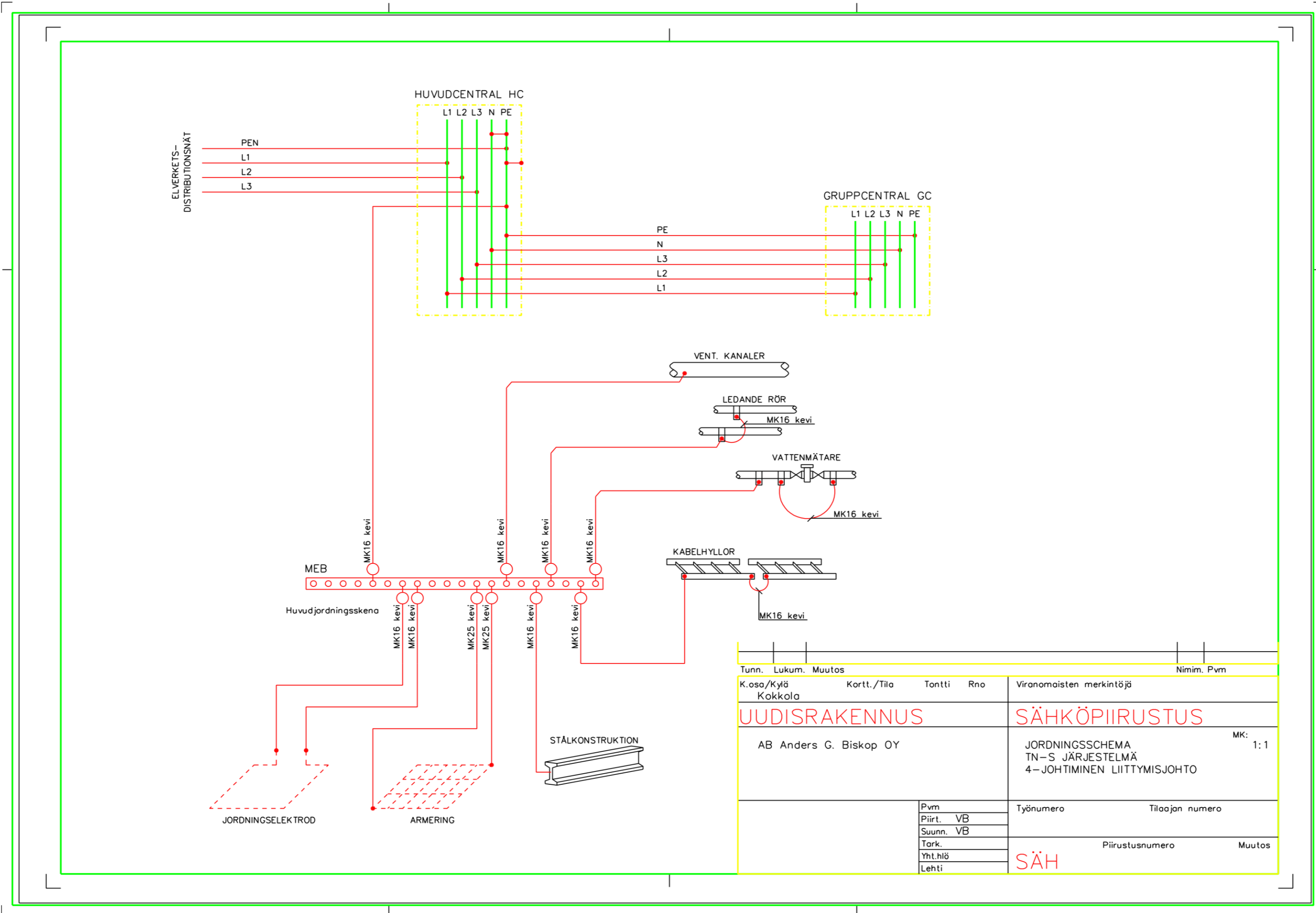
Bilaga 5. Huvudschema HC



Bilaga 6. Huvudschema GC

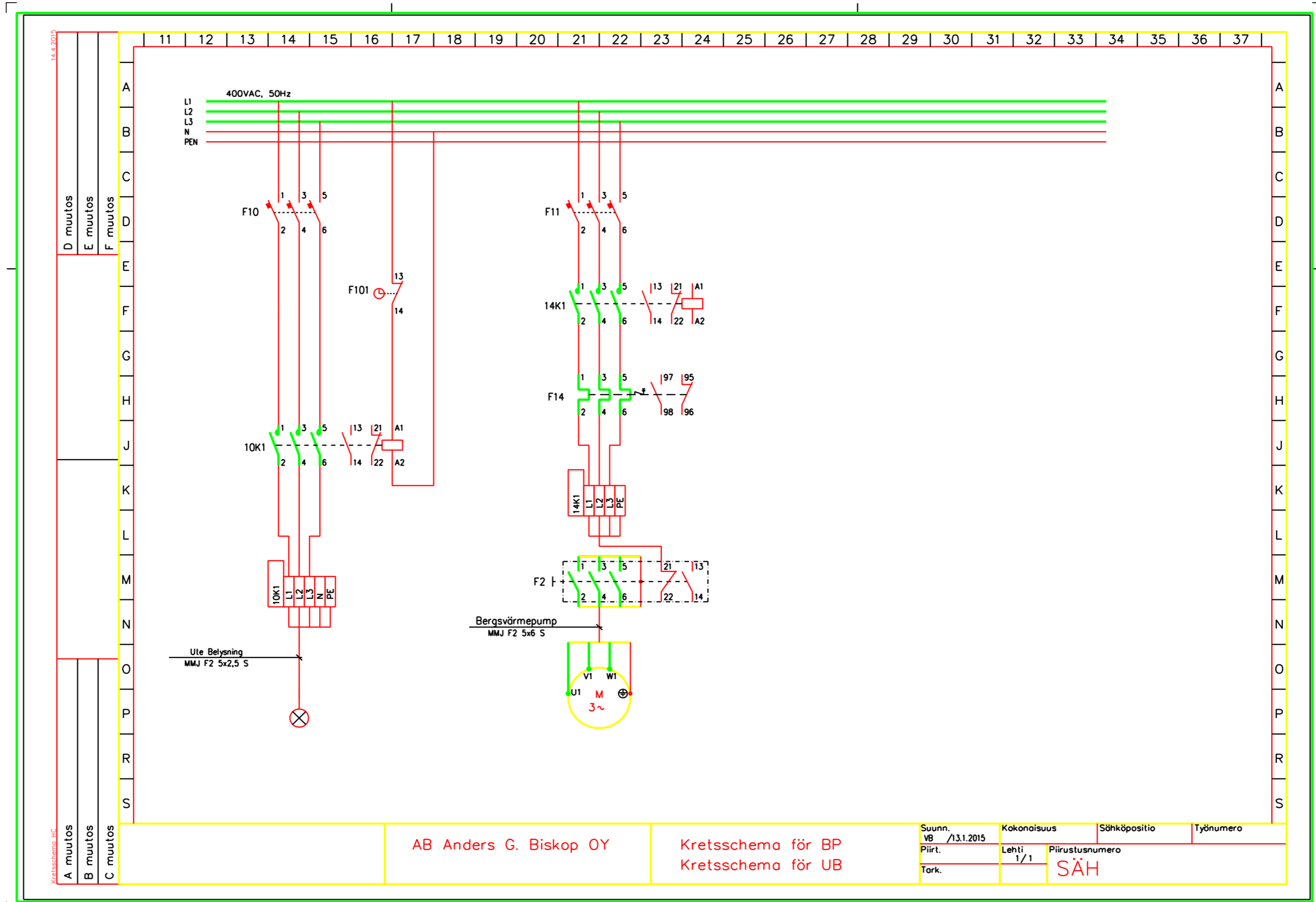


### Bilaga 7. Jordningsschema



Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim.	Pvm
K.osa/Kylö	Kokkola	Kortt./Tilo	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä	
<b>UUDISRAKENNUS</b>			<b>SÄHKÖPIIRUSTUS</b>			
AB Anders G. Biskop OY			JORDNINGSSHEMA TN-S JÄRJESTELMÄ 4-JOHTIMINEN LIITTYMISJOHTO			
			MK: 1:1			
			Pvm		Työnumero	
			Piirt. VB		Tilajan numero	
			Suunn. VB			
			Tark.		Piirustusnumero	
			Yht.hiö		Muutos	
			Lehti		<b>SÄH</b>	

Bilaga 8. Kretsschema



14.4.2015

D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos

AB Anders G. Biskop OY

Kretsschema för BP  
Kretsschema för UB

Suunn.	V8 /13.1.2015	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt.		Lehti	Piirustusnumero	
Tark.		1/1	SÄH	

## Kostnadsberäkning - AB Anders G. Bishop OY

Material	Kod	Typ	Kommentar	Placering	Pris moms 0% €	m/st	Antal(st)/Längd(m)	Tot pris moms 0%
Kabel	0626215	AXMK	4x185	Huvudmatning	21,90	m	25	547,50 €
Kabel	0626209	AXMK	4x35	Matning GC 101	5,38	m	60	322,80 €
Kabel	0626211	AXMK	4x70	Matning GC 102	10,70	m	25	267,50 €
Kabel	0602145	MCMK	4x6+6	Matning GC 103	8,36	m	5	41,80 €
Kabel	0406722	MMJ	3x1.5	Installationskabel	1,59	m	500	795,00 €
Kabel	0406723	MMJ	3x2.5	Installationskabel	2,54	m	250	635,00 €
Kabel	0406742	MMJ	5x1.5	Installationskabel	2,61	m	300	783,00 €
Kabel	0406742	MMJ	5x2.5	Installationskabel	4,15	m	300	1 245,00 €
<b>Kablage</b>								<b>4 637,60 €</b>
Lysrör armatur	4310306	2x36W	T8 loistoputk. Pinta IP44	Städsåp	62,6	st	2	125,20 €
Lysrör armatur	4240806	2x58W	T8 loistoputk. Uppo	Socialautrym	104	st	33	3 432,00 €
Lysrör armatur	4310310	2x58W	T8 loistoputk. Pinta IP44	Reservdelsutrym	76,5	st	16	1 224,00 €
Högtrycksna. Armat.	4409818	400W	Purkauslamput sisä	Hallbelysn	199,00	st	47	9 353,00 €
Högtrycksna. Armat.	4548116	250W	Valoheitin ulko	Utebelysning	192,00	st	8	1 536,00 €
Lamp Armatur	4200012	60W	Sisävalaisin	Innebelysning	55,50	st	4	222,00 €
Lamp Armatur	4209855	35W	Sisävalaisin, spott	Punktibelysning	12,00	st	22	264,00 €
Lamp Armatur	4503221	75W	Ulkovalaisin, seinä	Utebelysning	124,00	st	3	372,00 €
<b>Belysning armatur</b>								<b>16 528,20 €</b>
Kopplingsdosor	1150413	RKE 06	Kojerasia, Uppo	Installation	3,56	st	60	213,60 €
Kopplingsdosor	1612520	AP75 IP65	Jakorasia, Pinta	Installation	3,72	st	20	74,40 €
16A 3 fas uttag	2441671	16A	Kombirasia	Installation	41,00	st	4	164,00 €
32A 3 fas uttag	2441672	32A	Kombirasia	Installation	61,60	st	2	123,20 €
Brytare	2112007	7/16A	kytkin uppo	Installation	23,40	st	7	163,80 €
Brytare	2112012	6+6/16A	kytkin uppo	Installation	23,40	st	2	46,80 €
Brytare	2006519	2/16A	vaihtokytkin	Installation	33,30	st	8	266,40 €
Brytare	3514066	RS16/315GLE	säädin ja kytkin	Installation	56,60	st	4	226,40 €
Vägguttag	2506424	2S/16A	Pistorasia uppo	Installation	21,60	st	37	799,20 €
Vägguttag IP44	2406577	2S/16A	Pistorasia IP55	Installation	21,40	st	18	385,20 €
Vägguttag IP44	2406576	1S/16A	Pistorasia IP55	Installation	18,10	st	2	36,20 €
Kabelhylla	1449503	KS20-300	Kaapelihylly	Installation	12,70	m	80	1 016,00 €
Kabelhyllsfäste	1449592	VK 300	Seinäkantatin F=2 KN	Installation	11,30	st	30	339,00 €
<b>Elmateriel</b>								<b>3 854,20 €</b>
Huvudcentral	Tilau	3x315A	PK 400A	Pinta asennus vån1	1500,00	st	1	1 500,00 €
Gruppcentral	3417421	3x80A	RK 102	Pinta asennus vån1	609,00	st	1	609,00 €
Gruppcentral	3417311	3x40A	RK 103	Pinta asennus vån2	193,00	st	1	193,00 €
ADB-central	3310389	25xRJ45	Data asennuskotelo	Pinta asennus vån2	278,00	st	1	278,00 €
<b>Centraler</b>								<b>2 580,00 €</b>

<b>Material Kostnader</b>	<b>27 600 €</b>	<b>Totala pris moms 0%</b>
	<b>34 224 €</b>	<b>Totala pris moms 24%</b>

<b>Antal timmar</b>	<b>160</b>	<b>Arbetstid</b>
<b>A-pris 45€ / h</b>	<b>7 200 €</b>	<b>Arbets kostnader</b>
	<b>8 928 €</b>	<b>Arbets kostnader tot moms 24%</b>

<b>34 800 €</b>	<b>Totala Kostnader</b>
<b>43 152,00 €</b>	<b>Totala Kostnader Moms 24%</b>

### Källor:

[http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto\\_ryhmat\\_01-21.pdf](http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto_ryhmat_01-21.pdf)  
[http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto\\_ryhmat\\_23-41.pdf](http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto_ryhmat_23-41.pdf)  
[http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto\\_ryhmat\\_42-64.pdf](http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto_ryhmat_42-64.pdf)  
[http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto\\_ryhmat\\_66-87.pdf](http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Palvelut/Hinnastot/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto/2012/Sahkohinnasto_ryhmat_66-87.pdf)