

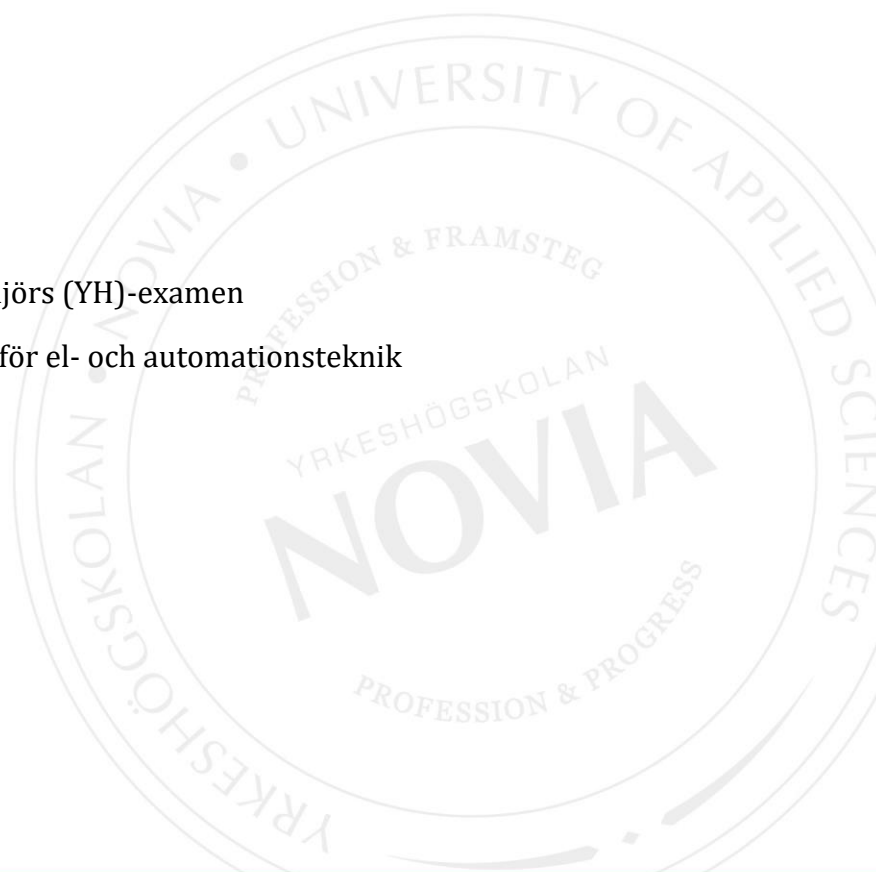
# Elplanering av hälsovårds- utrymmen i saneringsobjekt

Lucas Winberg

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för el- och automationsteknik

Vasa 2018



## EXAMENSARBETE

Författare: Lucas Winberg  
Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik  
Handledare: Lars Enström

Titel: *Elplanering av hälsovårdsutrymmen i saneringsobjekt*

---

Datum 8.4.2018      Sidantal 30      Bilagor 9

---

### Abstrakt

Examensarbetet grundar sig på den elplanering som gjordes för renoveringen av en byggnad som används inom hälsovården. I arbetet framhålls standarder som ska beaktas vid elplanering med hänsyn till olika utrymmens användning och klassificering. Klassificeringen av de olika medicinska utrymmena i detta projekt varierade mellan G0 och G1.

Som verktyg vid sammanställning av elritningarna användes CAD-programmet CADS Planner Electric, för kollisionsskontroll av övriga ritningar användes BIM, belysningsberäkningar gjordes med hjälp av DIALux och vid dimensioneringsberäkningar användes programmet Febdok.

Resultatet blev en fullständig elplanering av en byggnad som används inom hälsovården. Planeringen blev färdig i början av året 2018 och byggnadsarbetet börjar sommaren 2018.

---

Språk: svenska      Nyckelord: elplanering, medicinska utrymmen

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Lucas Winberg  
Koulutus ja paikkakunta: Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka  
Ohjaaja(t): Lars Enström

Nimike: *Saneerauskohteen terveystilojen sähkösuunnittelu*

---

Päivämäärä 8.4.2018 Sivumäärä 30

Liitteet 9

---

### Tiivistelmä

Opinnäytetyö perustuu sähkösuunnitelmaan, joka tehtiin terveydenhoitoon käytettävän rakennuksen uudistamiseen. Työssä korostetaan standardeja, jotka tulisi ottaa huomioon suunnittelussa eri käyttöalueita ja luokituksia huomioiden. Hoitotyön eri hoitopaikkojen luokittelu vaihteli G0:n ja G1:n välillä.

Sähkösuunnittelun työkaluna käytettiin CADS Planner Electric -ohjelmistoa, muiden piirustusten törmäystarkastuksessa käytettiin BIM-mallia, valaistuslaskelmia tehtiin käyttäen DIALuxia ja mitoituslaskelmat tehtiin Febdokin avulla.

Tuloksena on terveydenhuollossa käytetyn rakennuksen täydellinen suunnittelu. Suunnittelu valmistui alkuvuodesta 2018 ja rakennustyöt alkavat kesällä 2018.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: sähkösuunnittelu, lääkintätilat

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Lucas Winberg  
Degree Programme: Electrical engineering, Vaasa  
Specialization: Electrical Power Engineering  
Supervisor(s): Lars Enström

Title: Electrical Design of Health Care Facilities in a Renovation Project

---

Date April 8, 2018      Number of pages 30      Appendices 9

---

### **Abstract**

This Bachelor's thesis is based on an electrical planning that was made for a renovation of a building used in health care. The work emphasizes standards that should be considered when planning, depending on the different areas of use and classification. The classification of the different medical spaces in this project varied between G0 and G1.

As a tool for compiling the electrical drawings, CAD software CADS Planner Electric was used, for collision control of other drawings, BIM was used, lighting calculations were made using DIALux and the dimensioning calculations using Febdok.

The result was a complete electrical planning of a building used in health care. It was completed in early 2018 and construction work begins in the summer of 2018.

---

Language: Swedish      Key words: electrical planning, medical facilities

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Projektet .....	1
1.3	Uppdragsgivare.....	2
2	Teori .....	2
2.1	Elinstallationer i ett medicinskt utrymme.....	2
2.2	Klassificering av medicinska utrymmen .....	2
2.3	Jordningssystem .....	4
2.4	Fördelningssystem.....	4
2.5	Skyddsanordningar .....	5
2.6	Tilläggspotentialutjämning .....	6
2.7	Elektromagnetiska störningar .....	8
2.8	Statisk elektricitet.....	10
2.9	Brandrisk.....	10
2.10	Val av elkablar och -materiel.....	10
2.10.1	Uttag.....	11
2.10.2	Belysningsgrupper.....	11
2.11	Reservkraftssystem.....	12
2.12	Utrymnings- och nödbelysning .....	12
2.13	Exempel på förverkligandet.....	13
3	Metoder och verktyg.....	15
3.1	Arbetsmetoder och kvalitetssystem .....	15
3.2	Verktyg .....	16
3.2.1	Febdok.....	16
3.2.2	DIALux .....	16
3.2.3	CADS Planner .....	16
4	Praktiskt genomförande av elplaneringen.....	17
4.1	Planering av fördelningssystem .....	17
4.2	Kabeldimensionering.....	18
4.3	Planering av kabelrutter.....	20
4.4	Planering av jordning och potentialutjämning.....	20
4.5	Planering av belysning .....	20
4.6	Planering av nöd- och reservbelysning .....	23
4.6.1	Nödbelysning.....	23
4.6.2	Reservbelysning.....	25
4.7	Planering av allmän el .....	25

4.8	Planering av ADB-system.....	26
4.9	Planering av övriga svagströmssystem .....	27
4.9.1	Nödlarm invalid-WC.....	27
4.9.2	Kontorssignal .....	28
5	Resultat .....	29
6	Diskussion.....	29
	Källförteckning .....	30

## Figurförteckning

Figur 1.	Behandlingsområdets avstånd. [11].....	3
Figur 2.	Kopplingsförslag [11] .....	7
Figur 3.	Exempel på potentialutjämnning [15].....	8
Figur 4.	Patientrum, grupp G0. [11].....	13
Figur 5.	Patientrum, grupp G1. [11].....	14
Figur 6.	Patientrum, grupp G2. ....	15
Figur 7.	3D-modell för BIM .....	17
Figur 8.	Nödbelysning av ett större öppet utrymme [10].....	24
Figur 9.	Nödbelysning av en korridor [10] .....	24
Figur 10.	Exempel på nödlarm till invalid-WC [1], [2] .....	27
Figur 11.	Exempel på kontorssignal [1], [2] .....	28

## Tabellförteckning

Tabell 1.	Klassificering av medicinska utrymmen [11].....	4
Tabell 2.	Minimivstånd mellan mångledarkablar och undersökningsområdet .....	9
Tabell 3.	Ledningars minsta belastningsförmåga då skyddat av gG-säkring [15].....	18
Tabell 4.	Ledningars belastningsförmåga för olika förläggningssätt. [15].....	19
Tabell 5.	Intensivvårds- och undersökningsrum [12] .....	22
Tabell 6.	Entréer och receptioner [12] .....	22
Tabell 7.	Patientrum och avdelningar [12] .....	22
Tabell 8.	Kabelkategorier.....	26

## Bilagaförteckning

Bilaga 1	Stigarschema
Bilaga 2	Utdrag ur Febdok-rapport
Bilaga 3	Jordningsschema
Bilaga 4	Belysningsberäkningar
Bilaga 5	Principscheman för några signalsystem

# 1 Inledning

Detta arbete omfattar elplanering av medicinska utrymmen som skall användas inom barn- och ungdomspsykiatri samt mödrarådgivning. Vid elplanering av medicinska utrymmen bör patientsäkerheten alltid komma först. Syftet med detta examensarbete var att ta upp vilka bestämmelser som gäller för installationer i medicinska utrymmen och att visa hur dessa kan tillämpas i elplaneringen av ett saneringsprojekt. Eftersom en del av bestämmelserna är samma som för andra elinstallationer behandlar jag dem inte i det här arbetet.

## 1.1 Bakgrund

Den nuvarande rådgivningen togs i bruk i början av 1980-talet. Verksamheten var tvungen att flyttas år 2015 på grund av problem med inomhusluften. Sedan dess har byggnaden stått tom. I samband med en grundlig sanering beslutades även att alla VVS- och elsystem skulle förnyas. Planeringen påbörjades redan under sommaren 2017, men på grund av komplikationer och större ändringar blev planeringen färdig först i mars 2018.

## 1.2 Projektet

Projektet består av en utförlig elplanering av en 600 m<sup>2</sup> stor byggnad som kommer att användas för barn- och ungdomspsykiatri, mödrarådgivning och till dessa tillhörande sociala utrymmen. Eftersom det är frågan om ett saneringsobjekt krävs en del speciallösningar för att kunna tillämpa de krav som standarden ställer på hälsovårds- eller medicinska utrymmen. För att planeringen skulle kunna förverkligas i praktiken så krävdes flera platsbesök och fotografering av utrymmena och befintliga installationer. En del av de befintliga elsystemen sparas eftersom de är anslutna till den nuvarande hälsovårdscentralen. I elplaneringen ingår följande delar:

- Allmän el, centralscheman, jordningsscheman, stigarscheman och planritning.
- Nödbelysning, principalschema och planritning.
- Brandlarm, principalschema och planritning.
- Inbrottssystem och passerkontroll, principalschema och planritning.
- Övriga svagströmssystem (antenn-, högtalar-, signal- och ADB-system).

### **1.3 Uppdragsgivare**

Rosenblad Consulting Ab Oy är ett konsultföretag inom el- och automationsbranschen. Företaget erbjuder planering och konsultering till företag, städer och kommuner inom elkraft, automation och IT-system. Företaget grundades år 2000 av Niklas Rosenblad under namnet Eltjänst – Sähköpalvelu Rosenblad. Då bestod verksamheten av elplanering och elinstallationer. År 2009 ändrades bolagsformen till aktiebolag. Sedan 2013 har företaget avvecklat elinstallationsverksamheten och 2014 antogs namnet Rosenblad Consulting Ab Oy för att bättre beskriva verksamheten. [7]

## **2 Teori**

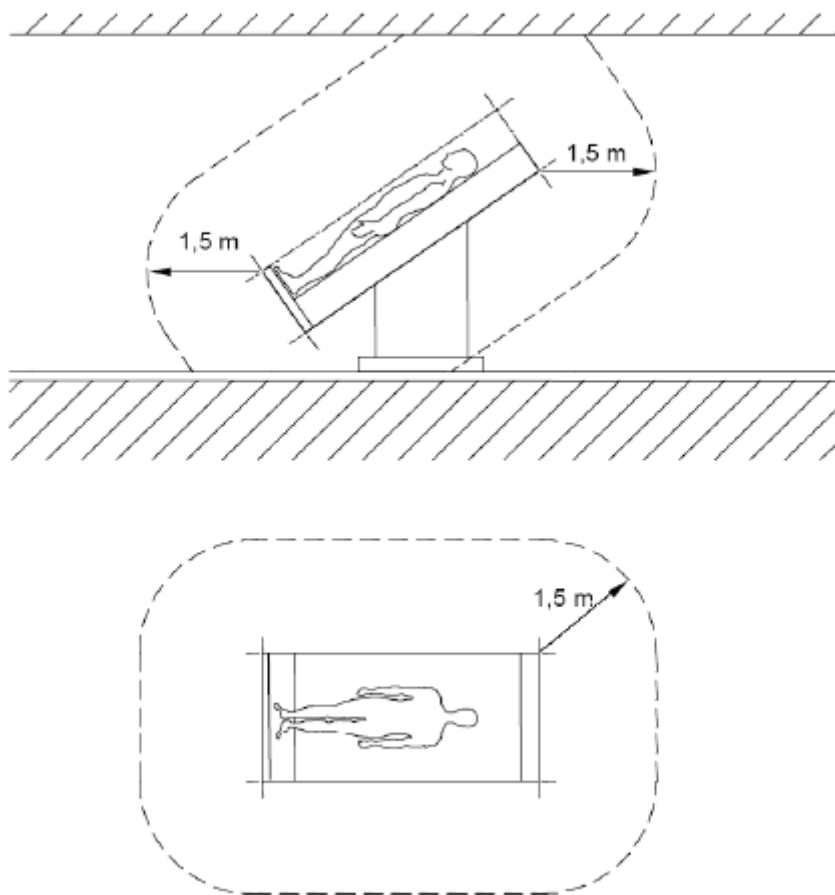
Elplaneringen bygger på den finländska standardserien SFS 6000 som i huvudsak är baserad på standarder enligt IEC och CENELEC. Kraven för elinstallationer i medicinska utrymmen är till en del samma som för installationer i andra sorts utrymmen som tas upp i andra delar av standardserien. De krav som sätts på de olika utrymmena är olika beroende på vad utrymmena skall användas till.

### **2.1 Elinstallationer i ett medicinskt utrymme**

Det standarden avser med ett medicinskt utrymme är ett utrymme i vilken man vårdar eller övervakar patienter med hjälp av elektriska medicinska instrument. Elinstallationer i medicinska utrymmen följer högre krav än vanliga byggnaders elinstallationer för att kunna säkerställa patientens trygghet. [15]

### **2.2 Klassificering av medicinska utrymmen**

Valet av klassificering grundar sig på vilket sätt ett elektriskt medicinskt instrument kommer i kontakt med patienten och användningen av det medicinska utrymmet. Därför skall elplaneraren alltid arbeta tillsammans med sjukvårdens medicinska ledning och tekniska personal. Då man bestämmer vad som är behandlingsområdet måste man ta i beaktande patientens alla möjliga lägen (se figur 1). I vissa fall kan detta betyda att behandlingsområdet utgör hela rummet.



**Figur 1. Behandlingsområdets avstånd. [11]**

Rumsklassificeringen grupperas enligt G0 till G2 beroende av vilka medicinska åtgärder som skall utföras i rummet.

- Grupp 0 (G0) är ett medicinskt utrymme där inga eldrivna medicinska instrument eller avbrott i strömförsörjningen kan förorsaka omedelbar livsfara för patienten. T.ex. korridorer, hiss, personalutrymmen, toaletter och badrum som inte är ämnade att användas som medicinskt utrymme.
- Grupp 1 (G1) är ett medicinskt utrymme där avbrott i strömförsörjningen inte kan orsaka omedelbart hot till patientens säkerhet och där eldrivna medicinska instrument endast kan komma i beröring med patienten på huden eller under huden om detta inte är i omfattning av det som sammanfattas i G2.
- Grupp 2 (G2) är ett medicinskt utrymme där de medicinska anordningarna är avsett att användas för hjärtframtida aktiviteter eller operationsrum eller intensivvård där avbrott i strömförsörjningen kan orsaka omedelbar livsfara för patienter.

Exempel på en del medicinska utrymmen och deras utrymmesklassificering presenteras i tabell 1.

**Tabell 1. Klassificering av medicinska utrymmen [11]**

Medicinskt utrymme	Grupp G0	Grupp G1	Grupp G2
Psykiatriskt sjukhus, patientrum med faciliteter	x		
Psykiatriskt sjukhus, elbehandlingsrum		x	
Undersöknings- och behandlingsrum		x	x
Personalens viloutrymme	x		
Sjukhuskorridor	x	x	
Operationssal			x
WC / badrum (rumskategorin beror på patientens medicinska utrustning)	x	x	

### 2.3 Jordningssystem

I hälsovårdsbyggnader används jordningssystemet TN-S genom hela installationen som också är standarden i andra byggnader. Vid vissa mindre saneringar räcker det med att elmatningarna är enligt TN-S-systemet och att de är försedda med 30 mA jordfelsskydd. Enhetsspecifika isolertransformatorer eller liknande skyddsanordningar kan användas enligt tillverkarens angivelser. [11]

### 2.4 Fördelningssystem

Vid planeringen av fördelningssystemet måste patientsäkerheten ha högsta prioritet. Detta innebär att vid ett strömavbrott skall system som påverkar patientsäkerheten tillförlitligt och smidigt övergå till reservkraft. Fördelningscentraler som matar el till rum med klassificeringen G2 skall placeras i rummets närhet och de skall lätt gå att urskilja. Det skall finnas skilda allmänna elcentraler och reservkraftscentraler. Elcentralerna bör placeras utanför det medicinska utrymmet och skyddas på ett sådant sätt att de inte är åtkomliga för obehöriga. Överströmsskydd, jordfelsskydd och säkringar bör placeras så att de är lättåtkomliga för instruerade hälsovårdare och personal som vid vissa tillfällen återställer utlösta skydd. Elcentralerna måste märkas tydligt enligt ett gemensamt system som gäller

för hela byggnaden. Huvudbrytarna skall tydligt märkas så att den normala elfördelningen och reservkraftsfördelningen inte kan förväxlas, t.ex. *NORMAALIVERKON PÄÄKYTKIN* och *VARAVOIMAJÄRJESTELMÄN PÄÄKYTKIN*. Reservkraftscentraler bör urskiljas genom att målas eller tejpas i annan färg än den normala elfördelningens centraler. Om elcentralerna installeras ihop måste de separeras med en brandbeständig mellanvägg om det inte är frågan om en rumscentral som endast försörjer ett rum. Normala och reservkraftens kablar får inte passera det andra systemets central om inte installationen är brandbeständig. [11]

## 2.5 Skyddsanordningar

G0 utrymmen följer elstandarden SFS 6000. Enligt standarden skall alla uttag som används av lekmän skyddas med 30 mA jordfelskydd. Undantag kan göras för uttag som försörjer följande apparater:

- matning av kylapparater t.ex. kylskåp, frys och förvaringsskåp för blod och prover
- fasta apparater och armaturer t.ex. automatdörrar, vattenkranar, branddörrar
- ADB-systemets olika delar t.ex. centraler och stödstationer för trådlöst nätverk.

För dessa undantag är det ändå skäl att de förses med jordfelskydd om de installeras inom behandlingsområdet.

I G1 utrymmen skall förutom uttagsgrupper också andra matningar, upp till 32 A, förses med 30 mA jordfelskydd.

I G2 utrymmen får endast följande grupper skyddas med 30 mA jordfelskydd:

- matning av elektriska operationsbord
- röntgenapparater (främst mobila röntgenapparater som flyttas till G2 utrymmen)
- apparater med märkeffekt över 5 kVA
- icke-kritiska elapparater (apparater som inte uppehåller livsfunktioner).

Vid gruppering av installationen är det viktigt att planera tillräckligt många strömkretsar för att undvika utlösningar vid normaldrift. Alla grupper förses med eget jordfelskydd som underlättar felsökning. Utöver standarden rekommenderas också att man använder

jordfelsövervakning där larmet förs vidare till en kontrollplats och felet snabbt kan åtgärdas. Standarden rekommenderar att man installerar särskilda städ- eller serviceuttag skilt från det medicinska utrymmets uttagsgrupper och som förses med jordfelsskydd.

Jordfelsskydd bör placeras i närheten av det medicinska utrymmet så att personalen snabbt kan återställa ett utlöst skydd sedan felet avlägsnats. Ett bra sätt är att jordfelsskyddet installeras i det medicinska utrymmet på en synlig plats, t.ex. intill dörren, istället för i gruppcentralen.

I medicinska utrymmen av grupp G2 får endast finnas kabelsystem för rummets apparater och installationer. [11]

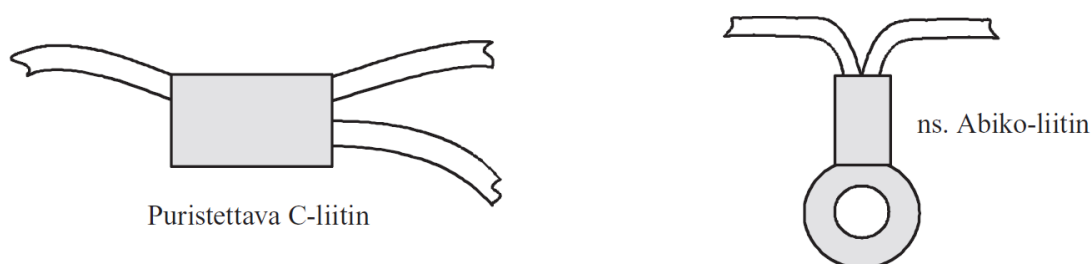
## 2.6 Tilläggspotentialutjämning

Tilläggspotentialutjämnings uppgift är att minska potentialskillnaden mellan två ledande delar som man kan komma i kontakt med samtidigt. Sådana ledande delar är elektriska apparaters utsatta delar och andra ledande delar som kan tillföra främmande potential. Potentialutjämningsen måste kompletteras i utrymmen av klass G1 och G2. Vid potentialutjämning ansluter man följande ledande delar till potentialutjämningskenan:

- skyddsjordledare
- andra ledande delar
- störningsskydd, om sådana finns
- ledande golv
- isolertransformatorer.

Fasta, ledande, icke-elektriska installationer som operationsbord, rehabiliteringsbord och tandstolar bör anslutas till potentialutjämningskenan om de inte är gjorda för att vara skilda från jord. Potentialutjämningskenan bör installeras i eller i närheten av det medicinska utrymmet. Vid fördelningscentralen installeras en potentialutjämningskenan till vilken potentialledare och skyddsledare kan anslutas. Centralens skyddsskena och potentialutjämningskenan skall anslutas till varandra med en tillräckligt grov ledare, t.ex. Cu 16 mm<sup>2</sup>. Anslutningarna bör planeras och installeras så att de är tydligt synliga och lätt kan lossas enskilt. Av aseptiska skäl bör potentialutjämningskopplingar göras utanför utrymmet, men i utrymmets absoluta närhet. Skenan bör installeras lättåtkomlig så att

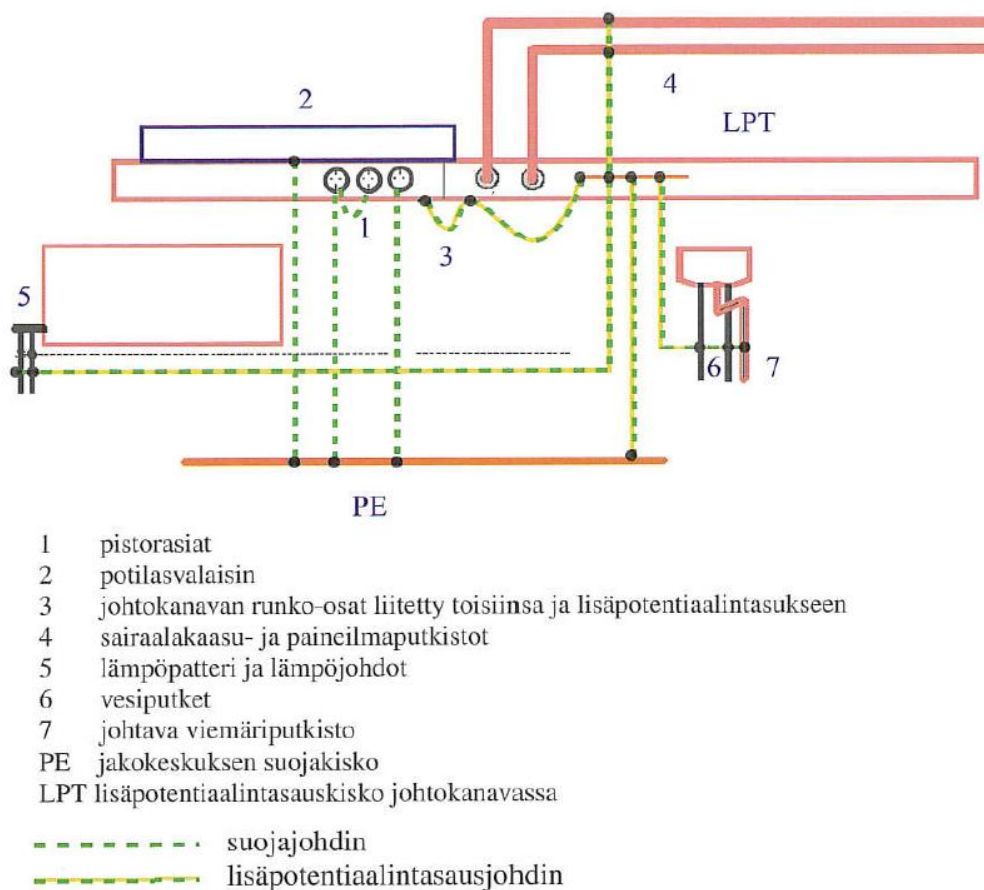
ledarna kan lossas vid mätningar. En bra installationsplats som standarden rekommenderar är i apparaturkanalen intill sjukhusdörren eller i en kabelkanal, men inte ovan mellantaket, se figur 3. De delar som ansluts till tilläggs-potentialutjämnningen skall anslutas stjärnformat så att alla delar ansluts skilt med en egen isolerad 6 mm<sup>2</sup> gulgrönrandig koppartråd. Delar som hör till samma helhet, t.ex. avlopp och vattenrör kan seriekopplas för att minska antalet kablar. I sådana fall bör man se till att borttagningen av en apparatur inte påverkar de andra apparaturernas potentialanslutning, t.ex. med en c-plint enligt exemplet i figur 2.



**Figur 2. Kopplingsförslag [11]**

Följande ledande delar bör vanligtvis anslutas till potentialutjämnningen i G1 utrymmen:

- vatten-, värme-, ventilations-, avlopps-, gas-, och frånlufts-rörledningar som är inom behandlingsområdet,
- kabelkanaler och lock av metall.



Figur 3. Exempel på potentialutjämning [15]

Kabelkanaler, kortare än 0,5 m, och lock behöver nödvändigtvis inte anslutas till potentialutjämningen. Detsamma gäller ledande föremål utanför behandlingsområdet samt ledande krokar, stänger och fristående möbler, även om de är inom behandlingsområdet. Potentialuttag behövs i allmänhet inte i G1-utrymmen.

I G2 utrymmen bör skyddsledarnas och anslutningarnas sammanlagda resistans mellan tilläggspotentialutjämningskennan och uttag, fasta möbler eller andra ledande delar inte vara större än  $0,2 \Omega$ . I G2 utrymmen skall tillräckligt med potentialuttag installeras, antalet bestäms av de som ansvarar för det medicinska utrymmet. [11]

## 2.7 Elektromagnetiska störningar

Elektronisk utrustning som används för att kontrollera patientens livsfunktioner är känslig för elektromagnetiska störningar. SFS 6000 standarden samt IEC 60364-4-444 tar upp EMC-krav för olika sätt att minska elektromagnetiska störningar. Känslig medicinsk utrustning

bör placeras på tillräckligt avstånd från högströmsledningar. Det uppstår sannolikt inte störningar om den magnetiska flödestätheten vid patienten är mindre än:

- elektromyografi (EMG)  $B_{tt} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ T}$
- elektroencefalografi (EEG)  $B_{tt} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ T}$
- elektrokardiografi (EKG)  $B_{tt} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .

Dessa värden överstigs om man följer de angivna minimiavstånden mellan störningsorsakande apparater och patientens undersökningsområde:

- minimiavståndet för induktiva komponenter, t.ex. elmotorer med effekt över 3 kW, 6 m
- minimiavståndet mellan mångledarkablar och undersökningsområdet beror på kabelns tvärsnitt enligt tabell 2. För enledarkablar kan det behövas större avstånd.

**Tabell 2. Minimiumavstånd mellan mångledarkablar och undersökningsområdet**

Kabelns tvärsnitt:	Minimiumavstånd:
10 mm <sup>2</sup> - 70 mm <sup>2</sup>	3 m
95 mm <sup>2</sup> - 185 mm <sup>2</sup>	6 m
> 185 mm <sup>2</sup>	9 m

Elektromagnetiska störningar kan minskas på följande sätt:

- genom att placera störningsorsakande apparater och kablar så att de så lite som möjligt inverkar på störningskänsliga apparater,
- genom att använda apparater som uppfyller EMC-kraven och installera dem enligt tillverkarens anvisningar,
- genom att använda överspänningsskydd och störningsfilter för att skydda störningskänsliga apparater,
- genom att minska impedansen för potentialutjämningen,

- genom att installera starkströms- och informationstekniska kablar längs samma installationsrutter men ändå åtskilda från varandra,
- genom att använda kablar försedda med koncentrisk skärm. [11]

## 2.8 Statisk elektricitet

Statisk elektricitet orsakar problem för elektronisk utrustning så väl som för hälsovårdspersonalen. Vid behov kan flera förebyggande metoder användas för att minska statisk elektricitet:

- Antistatiska golv anslutna till tilläggspotentialutjämningen. För att förhindra att statisk elektricitet uppstår används ett halvledande golv vars resistans är minst 50 k $\Omega$  men mindre än 100 M $\Omega$ .
- Potentialutjämningsuttag till vilka apparater som används inom hälsovården ansluts.
- Användningen av antistatiska skor och annan utrustning. [11]

## 2.9 Brandrisk

De särskilda kraven för medicinska utrymmen då det gäller brandskyddet är i huvudsak de samma som i byggnadsbestämmelserna. Vid planeringen av brandgenomföringar bör man beakta installation av ytterligare kablar i framtiden. Gasrörledningar och elkablar bör installeras i olika sektioner eller på minst 50 mm avstånd från varandra. För att förhindra antändningen av gaser bör elektrisk utrustning (t.ex. uttag och brytare) installeras minst 0,2 m från gasanslutningspunkter. Kablarna i det medicinska utrymmet bör uppfylla åtminstone klass C<sub>ca-s1,d1,a2</sub> som anges i standarden SFS-EN 13501-6, alternativt kan kablarna läggas avskilda i klass EI 30 kabelkanal (se SFS 6000-4-42 stycke 422.2.1). [11]

## 2.10 Val av elkablar och -materiel

Selektiviteten måste garanteras, vilket betyder att säkringen före gruppcentralen inte får reagera vid ett möjligt fel i gruppledningen. Selektivitet uppnås genom att säkerställa att skillnaden mellan säkringarnas utlösningsskurvor är tillräcklig. [11]

### 2.10.1 Uttag

Varje medicinskt utrymme bör förses med egen uttagsgrupp. En uttagsgrupp får inte fortsätta från ett medicinskt utrymme till ett annat utrymme. Vid planeringen av en uttagsgrupp bör antalet uttag beaktas. Det lönar sig inte att ansluta flera än tolv stycken enkla uttag eller sex stycken dubbla uttag till samma grupp. Städuttag bör inte anslutas till samma uttagsgrupp som andra uttag. Detta för att minimera risken för avbrott på grund av fel som uppstår i städutrustningen. Alla uttag bör märkas med centralbeteckning samt säkringsnummer. Uttag med reservkraftsmatning bör märkas så att de lätt går att urskilja, genom att välja uttag av en annan färg, tejpning eller annan märkning. Följande färger rekommenderas för följande system:

- normala: vita eller annan bestämd normalfärg,
- reservkraftsystem över 15 s: ljusblå t.ex. RAL 5024,
- reservkraftsystem under 15 s: blå t.ex. RAL 5007,
- reservkraftsystem under 0,5 s: röd t.ex. RAL 3011,
- UPS-system: orange t.ex. RAL 2000,
- medicinskt IT-jordningssystem: grön, t.ex. RAL 6025.

Samma färger används för att skilja fördelningscentraler från det normala fördelningssystemet. Samma färgkodsystem bör användas i hela sjukhuset och även för tillbyggnader. Då ett medicinskt utrymme även matas med TN-S system måste uttag anslutna till IT-jordningssystemet vara konstruerade så att användning av dem förhindras i andra system, eller märkas på ett tydligt och beständigt sätt så att de går att urskilja.

Uttag inom behandlingsområdet i G2 utrymmen bör skyddas skilt mot överbelastning eller matas från minst två olika strömkretsar. [11]

### 2.10.2 Belysningsgrupper

Belysningen i G1 och G2 utrymmen bör matas med minst två skilda matningar varav den ena är ansluten till reservkraftsystemet. Längs utrymningsvägen bör en del av belysningen vara ansluten till nödbelysningssystemet. [11]

## 2.11 Reservkraftsystem

Medicinska utrymmen bör förses med ett reservkraftsystem som ser till att funktionen fortsätter utan avbrott. För att säkerställa sjukhusets verksamhet under längre avbrott i strömförsörjningen krävs reservkraft vars inkopplingstid kan vara över 15 s. G2 utrymmen kräver vanligtvis att reservkraften kopplas in inom 15 s och i vissa fall inom mindre än 0,5 s beroende på användningsändamålet.

Reservkraftsystemen klassificeras enligt följande:

- Klass 0 (inget avbrott), automatisk inkoppling utan avbrott.
- Klass 0,15 (mycket kort avbrott), automatisk inkoppling under 0,15 s.
- Klass 0,5 (kort avbrott), automatisk inkoppling under 0,5 s.
- Klass 15 (medellångt avbrott), automatisk inkoppling under 15 s.
- Klass > 15 (långt avbrott), automatisk eller manuell inkoppling efter 15 s.

Reservkraftsystemet bör automatiskt sköta elförsörjningen om spänningen i huvudcentralen sjunker under 90 % av den normala spänningsnivån. Reservkraftsystemet bör kunna startas oberoende av andra nät som elverksnätet eller vattenverksnätet. Om det krävs att den medicinska utrustningen även fungerar vid en brandsituation måste kableringen vara brandbeständig. För att nödsystemet eller reservkraftsystemets huvudkablar och fördelningscentraler inte skall skadas bör de installeras tillräckligt avskilt och i skilda brandsektioner från det övriga nätets kablar. Om det inte är möjligt kan man använda brandbeständiga kablar så att de fungerar tillräckligt länge under en brandsituation. [11]

## 2.12 Utrymnings- och nödbelysning

I händelse av ett strömavbrott skall byggnaden tryggt kunna utrymmas. Standarden för medicinska utrymmen sätter ytterligare krav på nödbelysningen. Inkopplingen av reservkraften får inte överskrida 15 s. Belysningen måste bibehållas i följande utrymmen:

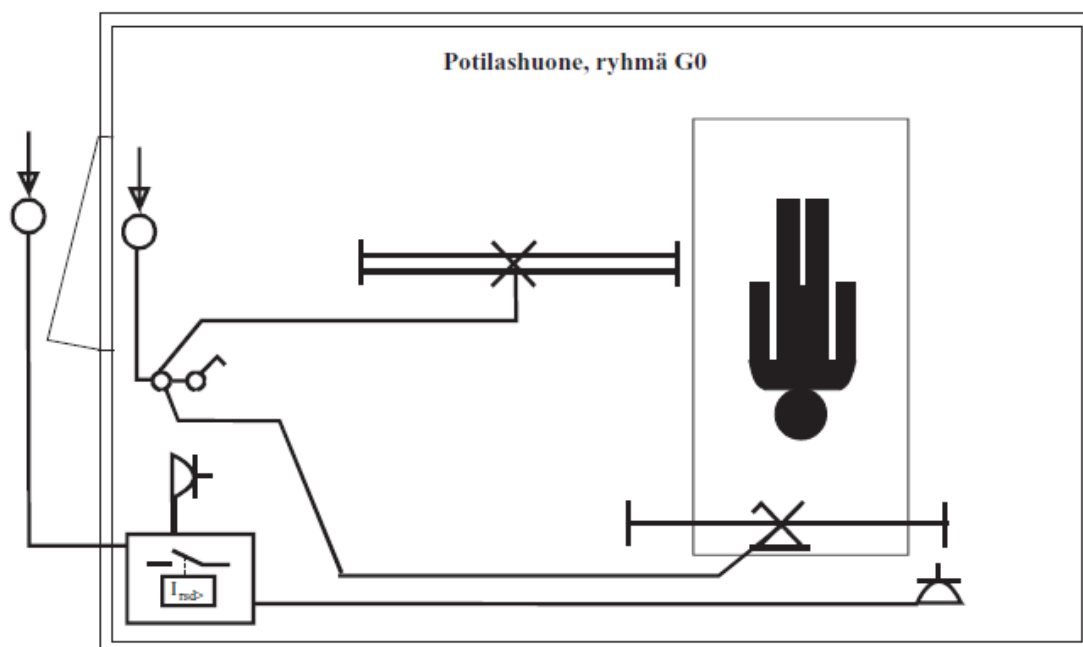
- Utrymmena där reservkraftsgeneratorns och huvudcentralen finns.
- Utrymmen som används direkt för olika supportuppgifter. I varje rum måste minst en armatur matas från reservkraften.

- Vid centraliserade brandlarms- och branddetektorsystems användarenheter.
- G1 utrymmen. I varje rum måste minst en armatur matas från reservkraften.
- G2 utrymmen. Minst 50 % av belysningen bör matas från reservkraften.

En skydds-enhet får inte bryta hela rummets eller hela utrymningsvägens belysning. Nödbelysningen skall göra det möjligt för personalen och patienterna att kunna röra sig tryggt. Vänttrum, in- och utgångar, allmänna korridorer och utrymmen för ambulanspersonal bör tryggas med nödbelysning. Utöver dessa rekommenderas att en laddningsbar ficklampa installeras i avdelningens dejourrum. Ofta behövs utrymningsbelysning även i omklädningsrum och ventilationsmaskinrum, särskilt vid större anläggningar där sådana rör sig som inte känner till utrymmena, t.ex. arbetspraktikanter och studeranden. [11]

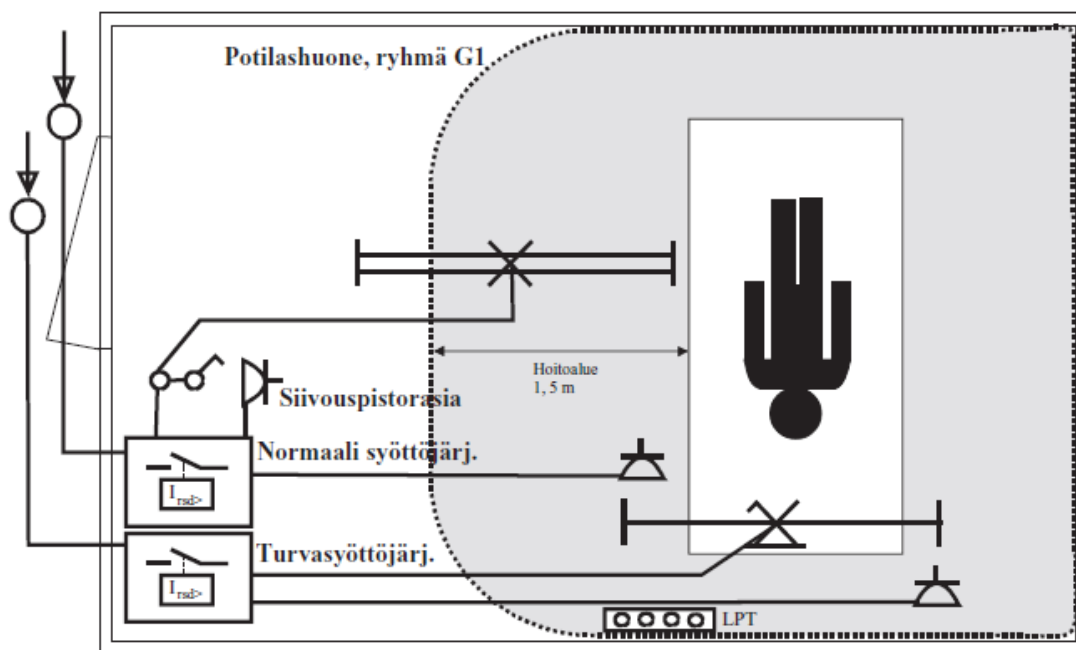
### 2.13 Exempel på förverkligandet

I G0 utrymmen (inga elektriska medicinska instrument), främst patientrum eller rum inom psykiatriskvård eller ålderdoms vårdinrättningar, skall uttagen förses med 30 mA jordfelskydd i centralen eller patientrummet. Belysningen behöver inte nödvändigtvis skyddas med jordfelskydd. Se figur 4.



Figur 4. Patientrum, grupp G0. [11]

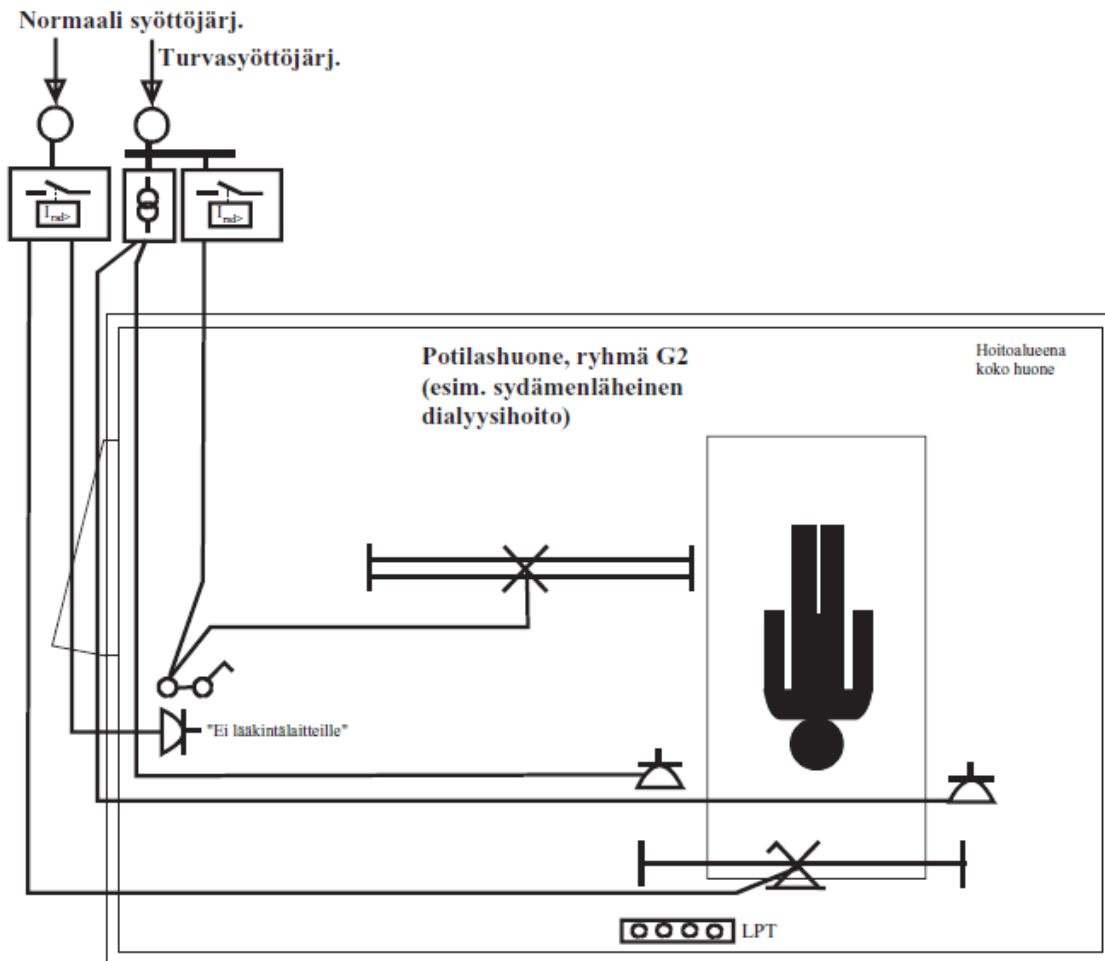
I G1 utrymmen (elektriska medicinska instrument är anslutna till patienten) skall alla uttag förses med 30 mA jordfelskydd. Potentialutjämning till alla ledande delar inom behandlingsområdet, t.ex. vatten-, ventilations-, avlopps-, gas-, frånluftsörledningar och kabelkanaler. Minst två skilda matningar till belysningen, en del av belysningen ansluts till reservkraftsystemet. Uttagsgrupperna rekommenderas att delas in i minst två grupper av vilken den ena matas från reservkraftsystemet. Egen städuttagsgrupp, vanligtvis skild från reservkraftsystemet. Patientens alla möjliga lägen skall beaktas då man bestämmer vad som är behandlingsområdet vilket ibland gör att hela utrymmet måste betraktas som behandlingsområde. Se figur 5.



Figur 5. Patientrum, grupp G1. [11]

I G2 utrymmen (elektriska medicinska instrument är anslutna till patienten till sådant som har med hjärtfunktionen osv.) bör minst hälften av belysningen matas från reservkraft. Operations- eller ingreppsbelysning bör ha max 0,5 s inkopplingstid, samma gäller för matningen av apparater som är livsuppehållande. Om apparaterna förses med reservackumulator räcker en inkopplingstid på 15 s. Gruppledningar får endast mata utrymmets apparater och utrustning. Potentialutjämning med resistanskrav på max  $0,2 \Omega$  i hela rummet. Vid behov bör rummet förses med anordningar för att förhindra statisk elektricitet. För kritiska apparater för patientvård kan IT-jordningssystem användas. Endast icke kritiska apparater skyddas med jordfelskydd. Uttag inom behandlingsområdet bör skyddas skilt mot överbelastning eller matas från minst två olika strömkretsar. Städuttag

inom behandlingsområdet märks med en märkskylt med texten ”Ei lääkintälaitteille”. Då två uttagsgrupper installeras vid patienten behövs inte skilda ledarskydd. Se figur 6. [11]



Figur 6. Patientrum, grupp G2.

### 3 Metoder och verktyg

Arbetsmetoderna och verktygen som används för det här projektet är till för att planeringen skall vara av hög kvalitet och för att snabba på planeringsprocessen.

#### 3.1 Arbetsmetoder och kvalitetssystem

Inom företaget följs allmänna avtalsvillkor för konsultverksamhet som ställs i KSE 2013. Dessutom används ett eget kvalitetssystem som bygger på ISO 9001. Planeringsprocessen utgår från TATE 12, uppdragslista för byggnadsteknisk planering, som delar in planeringsprocessen. Då vet kunden vad han kan förvänta sig av elplaneringen.

## 3.2 Verktyg

För att snabba på planeringsprocessen används en mängd moderna verktyg. Dessa underlättar dokumenteringen och samarbetet med andra planerare. Man kan redan i planeringsskedet upptäcka kollisioner med andra system, t.ex. ventilationssystem. De verktyg som jag valde används inom företaget och är väl anpassade till elplanering.

### 3.2.1 Febdok

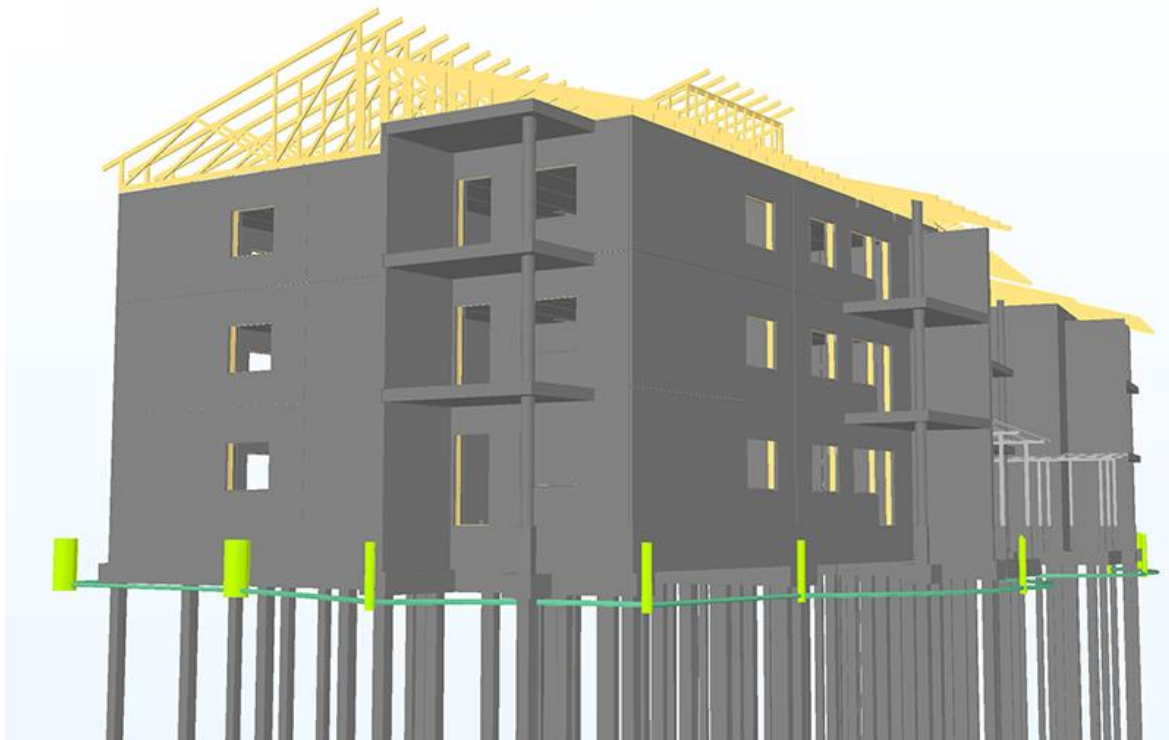
Febdok är ett beräkningsprogram som används för att dimensionera kablar och skydd enligt standarden. Febdok är ett mångsidigt program som har funktioner som kan användas vid beräkning, analys, kontroll och dokumentation av elanläggningar. T.ex. beräkning av kortslutningsströmmar/felströmmar, beröringsspänning och spänningsfall. Programmet kan bl.a. dimensionera kablar, skenor och skydd, kontrollera skyddets brytnivå och fränkopplingstid och göra selektivitetsanalyser. [3]

### 3.2.2 DIALux

DIALux är ett gratisprogram för belysningsberäkningar. Beräkningarna grundar sig på information från armaturtillverkare. Med hjälp av programmet kan man simulera ljuset i byggnader beroende på naturligt ljus från fönster och materialet på ytor som ljuset träffar. På så sätt kan man beräkna om belysningen uppfyller de krav som sätts på belysningsstyrka och -jämnhet i olika utrymmen.

### 3.2.3 CADS Planner

CADS Planner är ett finskt CAD-program (*Computer-aided Design*) och är ledande inom el- och VVS-planeringsbranschen i Finland. Idag är CADS Planner mer än endast ett ritprogram. I den senaste versionen av programmet har flera funktioner och andra program integrerats. Det finns stöd för belysningsberäkningar i DIALux och man kan kollisionskontrollera ritningar med hjälp av 3D-ritningar. CADS Planner använder certifierad BIM-dataöverföring som möjliggör användningen av IFC-modeller som underlättar planeringen i 3D. Exempel på en 3D-modell av en byggnad finns i figur 7. [6]



Figur 7. 3D-modell för BIM

## 4 Praktiskt genomförande av elplaneringen

Hälsovårdsutrymmena klassificerades som G1-utrymmen eftersom elektrisk utrustning kommer att användas vid undersökningarna men inga apparater är livsuppehållande eller utgör fara för patienten.

### 4.1 Planering av fördelningssystem

Det nuvarande fördelningssystemet består av två centralområden varav båda har en gruppcentral och en central för reservkraftsbelysning och nödbelysning. Bredvid den första gruppcentralen finns även den stigarcentral som matar gruppcentralerna. De gamla gruppcentralerna har smältsäkringar och uttagsgrupperna saknar jordfelskydd.

I samband med renoveringen byts nu både stigar- och gruppcentraler och deras kablering ut för att möta dagens standard. Gruppcentralerna planeras så att det finns utrymme för utbyggnad, dessutom behövs ytterligare centralutrymme för DALI-styrenheter.

Då ventilationssystemet byggs ut ansågs det nödvändigt att planera in en skild gruppcentral för ventilationssystemet. I den finns förutom skydden flera kontaktorer som styrs av fastighetsautomationen.

Reservkraftscentralen matas från det centrala reservkraftssystemet i hälsovårdscentralen. Vid längre avbrott i det vanliga elnätet skall en generator se till att en del av belysningen fungerar så att verksamheten kan fortsätta i vissa utrymmen.

Stigarschemat visar centralernas placering och kablarnas dimensionering och kan ses i bilaga 1.

## 4.2 Kabeldimensionering

Vid dimensionering av kablar tas flera faktorer med i beräkningen, som ledarmaterial, isolermaterial, förläggningssätt och omgivningstemperatur. Dimensioneringen gjordes med hjälp av Febdok som använder sig av samma standard som också används i SFS 6000. Ett utdrag ur rapporten finns i bilaga 2.

**Tabell 3. Ledningars minsta belastningsförmåga då skyddat av gG-säkring [15]**

Märkströmmen (A) för säkring av typen gG:	Ledningens minst tillåtna belastning (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

Matningskabeln från huvudcentralen till stigarcentralen installeras på befintlig kabelhylla. Säkringen är 160 A så kabelns belastningsförmåga skall vara minst 177 A enligt tabell 3.

Vid dimensioneringen används förläggningssätt E med 0,7 korrektionsfaktor, tre belastade ledare på perforerad kabelhylla tillsammans med nio andra belastade kablar:

$$\frac{177 \text{ A}}{0,70} = 254 \text{ A}$$

Det skulle ge en kabeldimension på 95 mm<sup>2</sup> Cu eller 120...150 mm<sup>2</sup> Al enligt tabell 4. För att kabeln skall vara lätthanterlig och kunna installeras på hylla används istället AXCMK-HF 2x4x70/21.

**Tabell 4. Ledningars belastningsförmåga för olika förläggningssätt. [15]**

Ledarens märkarea (mm <sup>2</sup> )	Förläggningssätt enligt SFS 6000			
	A	C	D	E
Cu				
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
Al				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	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

Gruppcentralen i ventilationsrummet förses med 80 A säkringar så att kabelns belastningsförmåga skall vara minst 88 A, enligt tabell 3. Eftersom kabeldimensionen skulle ha blivit större om kabeln skulle ha följt samma kabelrutt som till de övriga gruppcentralerna valde vi i stället att använd jordkabel förlagd i rör i marken. Vid dimensioneringen skulle det ha gett installationssätt D2, men istället används installationssätt E, eftersom kabeln skall stiga upp på samma hylla som huvudmatningen. Installationssätt E med korrektionsfaktor 0,88, tre belastade ledare på perforerad kabelhylla tillsammans med två andra belastade kablar ger:

$$\frac{88 A}{0,88} = 100 A$$

Den andra kabelrutten skulle ha gett 125 A vilket betyder att minsta kabeldimensionen skulle ha varit 50 mm<sup>2</sup> Al men nu går det med 35 mm<sup>2</sup> istället. Kabeln som används är av typen AXCMK-HF 4x35/16

### 4.3 Planering av kabelrutter

Den befintliga kabelrutten byts ut. Kabelhyllornas storlek räcker inte till då kablarna skall installeras på ett sätt som möter dagens EMC-krav. Det ideala skulle vara att installera två separata kabelhyllor, en för starkström och en för svagström, men efter att ha jämfört ritningarna tillsammans med VVS-planerare och arkitekterna måste vi kompromissa så att endast en hylla installeras med mellanvägg mellan stark- och svagström.

I arbetsrummen och undersökningsrummen installeras en kabelkanal som även den har två separata kanaler för stark- och svagström. Då kanalerna är av aluminium måste de anslutas till potentialutjämningen.

Enligt den nya standarden som sattes i kraft juli 2017 måste kablar av minst C<sub>ca-s1,d1,a2</sub>-klass användas i alla medicinska utrymmen och utrymningsvägar eller kapslas in i en kabelkanal som uppfyller minst EI 30. [13], [14]

### 4.4 Planering av jordning och potentialutjämning

Jordningssystemet i byggnaden är av typen TN-S, separat skyddsjord- och nolledare från huvudcentralen i hälsovårdscentralen. Potentialutjämningen är ansluten till den befintliga jordningselektroden och byggnadens alla ledande delar. Dessutom behöver de medicinska utrymmena förses med tilläggspotentialutjämning så att alla fast installerade ledande delar inom behandlingsområdet är anslutna till jord. Det är också viktigt att kopplingarna är inkapslade av antiseptiska skäl, därför installeras potentialutjämningskennan inuti kabelkanalen i rummet.

Även golvet kopplas till potentialutjämningen för att motarbeta att statisk elektricitet uppstår. Men eftersom en stor orsak till problemen med inomhusluften i byggnaden beror på att det gamla golvmaterialet inte är ånggenomsläppligt utslöt det valet av antistatiskt golvmaterial. Som en kompromiss valdes istället en 4 m<sup>2</sup> stor antistatisk matta som kopplas till potentialutjämningen via ett potentialutjämningsuttag. Mattan placeras under undersökningsbordet och kan flyttas vid behov. Se principalschema i bilaga 3.

### 4.5 Planering av belysning

Eftersom användningen av de olika utrymmena skiljer en hel del så ställs olika krav även på belysningen. EU-länderna har en gemensam belysningsstandard som ställer krav på ljuskvaliteten på arbetsplatser. Faktorer som påverkar belysningsmiljön är:

- luminansen,
- belysningsstyrka,
- bländning,
- ljusriktning,
- färgåtergivning och ljusets färgkaraktär,
- flimmer,
- dagsljus.

Luminansfördelningen påverkar ögats adaptionsnivå. Höga luminanskontraster kan förorsaka trötthet eftersom ögat hela tiden måste adaptera. För låga luminanskontraster leder till tråkig och ostimulerande arbetsmiljö. Luminansfördelningen kan förbättras genom att välja ljusa material och färger på tak och väggar. [12]

Belysningsstyrkan beräknas i lux och rekommendationerna varierar beroende på uppgifter som skall utföras i utrymmet. En regel är att ju mer kritiska uppgifter som skall utföras desto högre belysningsstyrka behövs i utrymmet.

Jämnheten beror på skillnaden mellan belysningsstyrkan på arbetsytan och belysningsstyrkan i den omedelbara omgivningen. [12]

Bländning orsakas av reflekterande ytor och kan beräknas med formeln:

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

- $L_b$  är bakgrundsluminansen i  $\text{cd} \times \text{m}^{-2}$ , beräknad som  $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$  där  $E_{\text{ind}}$  är den vertikala indirekta belysningsstyrkan vid betraktarens öga,
- $L$  är luminansen hos de lysande delarna av varje armatur i riktningen mot observatörens öga i  $\text{cd} \times \text{m}^{-2}$ , är rymdvinkeln (steradian) för de lysande delarna hos varje armatur vid observatörens öga,
- $p$  är Guths positionsindex för varje individuell armaturs placering relaterad till avvikelser från betraktelseriktningen. [12]

Färgåtergivning ( $R_a$ ) påverkar hur ögat uppfattar olika färger. Högsta värdet för färgåtergivning är 100, men kravet på färgåtergivning varierar beroende på användningen av utrymmet. [12]

Tabellerna 5, 6 och 7 visar de rekommenderade belysningskraven för utrymmen inom hälso- och sjukvård.

**Tabell 5. Intensivvårds- och undersökningsrum [12]**

Typ av område, uppgift eller aktivitet	Lux-nivå ( $E_m$ )	Bländtal ( $UGR_L$ )	Jämnhet ( $U_0$ )	Färgåtergivning ( $R_a$ )	Särskilda krav
Allmänbelysning, undersökningsrum	500	19	0,60	90	4.000 K $\leq$ CCT* $\leq$ 5.000 K
Allmänbelysning, intensivvårdsenhet	300	19	0,70	90	Belysningsstyrka vid golvnivå.
Enklare undersökningar	1000	19	0,70	90	Belysningsstyrka vid golvnivå.

**Tabell 6. Entréer och receptioner [12]**

Typ av område, uppgift eller aktivitet	Lux-nivå ( $\bar{E}_m$ )	Bländtal ( $UGR_L$ )	Jämnhet ( $U_0$ )	Färgåtergivning ( $R_a$ )	Särskilda krav
Cirkulationsområden	100	28	0,40	40	Belysningsstyrka vid golvnivå. $R_a$ och $UGR_L$ bör motsvara intilliggande områden
Receptionsdisk	300	22	0,60	80	

**Tabell 7. Patientrum och avdelningar [12]**

Typ av område, uppgift eller aktivitet	Lux-nivå ( $E_m$ )	Bländtal ( $UGR_L$ )	Jämnhet ( $U_0$ )	Färgåtergivning ( $R_a$ )	Särskilda krav
Allmänbelysning	100	19	0,40	80	Belysningsstyrka vid golvnivå. Alltför höga ljusstyrkor i patientens synfält bör undvikas
Läsbelysning	300	19	0,70	80	
Enklare undersökningar	300	19	0,60	80	
Undersökning och behandling	1000	19	0,70	90	
Nattbelysning, observationsbelysning	5	-	-	80	
Badrum och toaletter för patienter	200	22	0,40	80	

För att simulera belysningen i de olika utrymmena används DIALux. Programmet gör det lätt att hitta armaturenas ideala placeringar och antal för att uppnå en bra belysningsmiljö. Rapporten för ett av undersökningsrummen finns i bilaga 4, där visas en simulering av

Ljusstyrkan och färgåtergivningen i olika delar av rummet. Undersökningar kräver bra allmänbelysning med god färgåtergivning, minst 90, för att rätt beslut skall kunna fattas angående behandling. Vid undersökningar används även en kraftfull armmonterad armatur som går att rikta för att uppnå en belysningsstyrka på 1000 lx tillsammans med allmänbelysning med ljusstyrka på 500 lx. [5]

Med hjälp av ljusstyrning kan man anpassa ljusstyrkan för olika användningar av utrymmet. Belysningen styrs med hjälp av DALI, ett digitalt adresserat system som gör att belysningen och styrningen kan programmeras om utan att kableringen behöver ändras. DALI stöder upp till 64 adresser per system med upp till 16 olika belysningsgrupper och 16 olika belysningsscener. Styrsignalen överförs med  $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$  men kan även installeras tillsammans med belysningens vanliga elmatning t.ex. med  $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$  kabel. [4]

För att spara energi så installeras närvarosensorer som tänder belysningen när någon är i rummet. Dessa är mycket känsliga så att de reagerar på mycket små rörelser och belysningen släcks inte då man blir länge stillasittande. Korridorerna styrs med mikrovågssensorer som kan känna rörelser på långt avstånd och t.o.m. genom tunna material. I utrymmen där fönster ger naturligt ljus installerades ljussensorer som styr rummets belysning. Alla utrymmen kan även styras med tryckknappar för manuellt val av belysningsscener och justering av belysningsstyrkan. Efter en stund går belysningen tillbaka i standardläget och reagerar på närvaro och ljus.

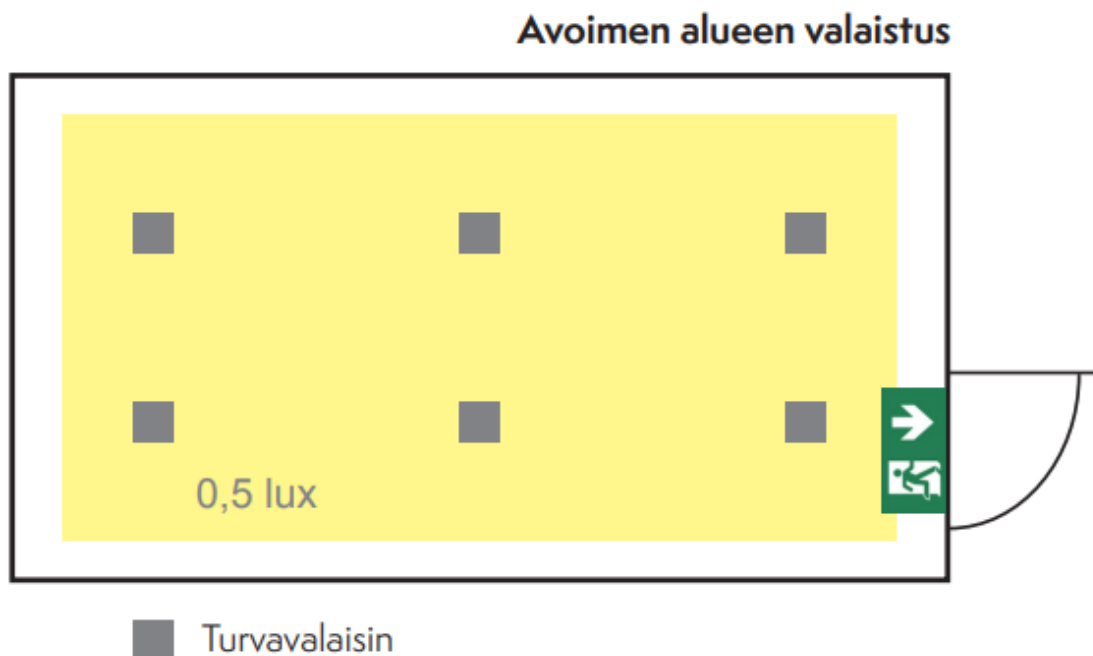
## **4.6 Planering av nöd- och reservbelysning**

Utrymningsvägarna och nödbelysningssystemet skall godkännas av räddningsverket. Utrymmen där utrymningen är svår eller de personer som vistas där inte är bekanta med omgivningen behöver förses med nödbelysning. Beroende på vad ett hälsovårdsutrymme skall användas till behöver en eller flera armaturer av allmänbelysningen också anslutas till reservkraftsystemet.

### **4.6.1 Nödbelysning**

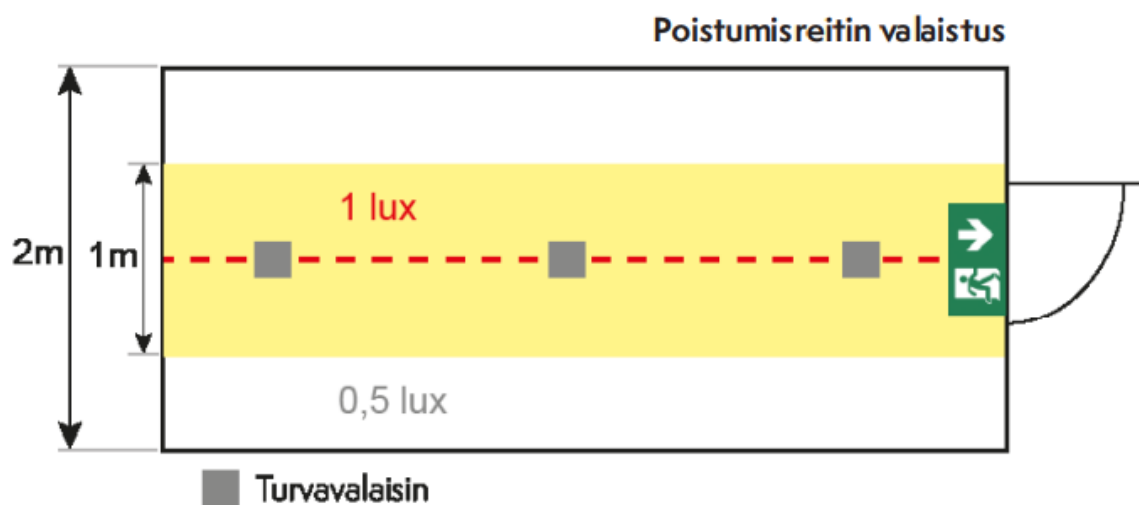
Nödbelysningen består av hänvisningsarmaturer och nödljusarmaturer som visar den närmaste utrymningsvägen. Utrymningsskyltarna skall vara tydliga och synliga. För att skyltarna skall vara tydliga skall de vara likadana i hela byggnaden. [10]

Nödljusarmaturer lyser då den vanliga belysningen inte lyser på grund av ett strömavbrott. De skall placeras i stora öppna utrymmen där många samlas, korridorer och utrymmen där det kan uppstå farosituationer. I stora öppna utrymmen över 60 m<sup>2</sup> skall belysningsstyrkan vid golvytan vara 0,5 lx över hela golvytan förutom 0,5 m ifrån väggarna, se figur 8.



**Figur 8. Nödbelysning av ett större öppet utrymme [10]**

I korridorer skall en åtminstone 2 m bred utrymningsväg belysas, minst 50 % av mitten av korridoren skall belysas med minst med 1 lx och längs kanterna av utrymningsvägen 0,5 lx som visas i figur 9. [10]



**Figur 9. Nödbelysning av en korridor [10]**

Nödbelysningen skall fungera minst en timme efter ett strömavbrott oberoende av den vanliga elförsörjningen och kan förverkligas antingen med ett centralbatterisystem eller armaturer med inbyggd reservkraft. Om man väljer att använda centralbatterisystemet måste även kablarna och kabelrutterna vara brandbeständiga så att systemet fortsätter fungera i minst en timme. Om man väljer ett decentraliserat system där varje armatur har en inbyggd reservkraft, ackumulator eller kondensator, behöver inte kableringen vara brandbeständig utan ansluts med vanlig installationskabel till den vanliga elförsörjningen. [10]

Vi valde ett centralbatterisystem, av samma typ som använts i hälsocentralutrymmet, vilket medför att kablarna skall vara av typen FRHF 3x2,5 S och kablarna installeras i pansarrör, som fästs med 600 mm mellanrum, ovanför alla andra installationer i mellantaket. Ritningarna skickades för granskning till räddningsverket och godkändes 30.1.2018 utan någon anmärkning.

#### **4.6.2 Reservbelysning**

Reservbelysningen skall göra att utrymmet kan användas även vid längre strömavbrott. Standarden kräver att minst en armatur ansluts till reservkraftsystemet i utrymmen av klass G1. Inga kritiska ingrepp skall göras i utrymmena utan endast enklare undersökningar så belysningen behöver fungera endast vid strömavbrott inte vid brand. Den mittersta armaturraden kommer att anslutas till reservkraften och eftersom belysningen även styrs med DALI-system måste även DALI-strömkällan förses med reservkraft så därför installeras den i reservkraftcentralen.

#### **4.7 Planering av allmän el**

Uttagsgrupperna i undersökningsrummen begränsas till högst sex stycken dubbla uttag per grupp och för att det skall vara lätt att identifiera och återställa jordfelskyddet så placeras det inne i rummet intill dörren i en installationskanal. Ett uttag som endast skall användas vid städning eller service installeras också i samma installationskanal. Inga uttag ansluts till reservkraften eftersom det inte finns några apparater som kräver detta och medför någon fara för patienten.

## 4.8 Planering av ADB-system

I byggnaden finns ett befintligt ADB-system med en nyligen förnyad fiberanslutning. Rådgivningens system behöver förnyas så att det följer dagens standard. Vid planeringen av ADB-systemet behöver man beakta kabeltyp, egenskaper och EMC-skydd. Kablarna är klassificerade enligt internationella ISO/IEC-standarder och indelas i olika kategorier enligt klass och bandbredd som visas i tabell 8.

**Tabell 8. Kabelkategorier**

Kategori	Klass	Bandbredd (MHz)
5	D	100
6	E	250
6A	EA	500
7	F	600
7A	FA	1000
8.1	I	2000
8.2	II	2000

Vanligtvis används vid bostadsinstallationer idag kategori 6 som klarar bandbredden 250 MHz och stöder över 1 Gb/s hastighet. I mer krävande objekt används kabel av kategori 6a eller 7 som klarar bandbredden 500 respektive 600 MHz och stöder 10 Gb/s hastighet.

Kablarna delas också in i olika skärmningar som skydd mot störningar. U/UTP är den allra förmånligaste och lätthanterliga av dessa men saknar skärm som leder till att de lätt påverkas av elektriska störningar. UTP kabeln kallas ibland oskärmad eller oskyddad men det är något missvisande eftersom de klarar en del störningar. För att minska störningar installeras de på tillräckligt avstånd från starkströmskablar och på kortare avstånd under 100 m. Till skillnad från andra skärmade kablar behöver UTP inte jordas vilket medför att även kontaktorna inte är jordade och förmånligare.

Parskyddade kablar som U/FTP, S/FTP eller SF/FTP är parkablar där varje par har en metallfolieskärm. De kan också ha en yttre skärm runt alla par av metallfolie eller flätad koppar. De är dyrare att tillverka och besvärligare att installera men är inte lika känsliga för störningar.

F/UTP har en yttre skärm av folie men inte skärmade enskilda par vilket gör att de är skyddade mot yttre störningar men inte störningar mellan paren även kallat *crosstalk*. [8]

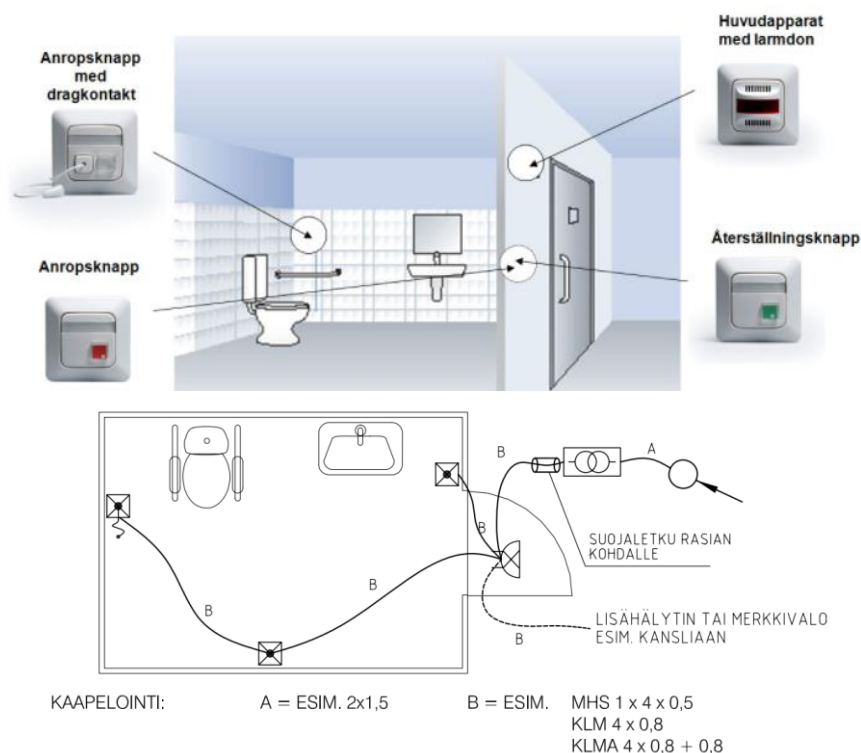
För utrymmen inom hälsovården rekommenderas att man använder parkablar av kategori 7. Dessa kablar är bättre skyddade mot elektriska störningar och lämpliga för hälsovårdsmiljöer där det finns många apparater och andra kablar som kan störa ADB-systemet.

## 4.9 Planering av övriga svagströmssystem

I projektet ingick även planeringen av olika signalsystem. Invalid-WC utrymmena kräver nödlarm, till arbetsrummen planerades ett kontorssignalsystem och till ytterdörrarna ett dörrklocksystem.

### 4.9.1 Nödlarm invalid-WC

Nödlarmet för invalid-WC är ett signalsystem som gör att den rörelsehindrade kan kalla på hjälp. Anropsknapparna installeras på en sådan höjd att det är möjligt att kalla på hjälp även om personen ligger på golvet och inte kan resa sig upp. En anropsknapp med snöre som hänger ner till golvet finns intill toalettstolen och en anropsknapp centralt placerad på 200 mm höjd. Larmdonet skall placeras i korridoren på 2100 mm höjd och vara försedd med summer och lampa så att det lätt går att lokalisera larmet. En återställningsknapp installeras bredvid dörren på låssidan, på 1400 mm höjd. Larmet skall gå ända tills en skötare återställer det på återställningsknappen. Figur 10 visar exempel på systemet samt kablering och principschemat ses i bilaga 6. [9]

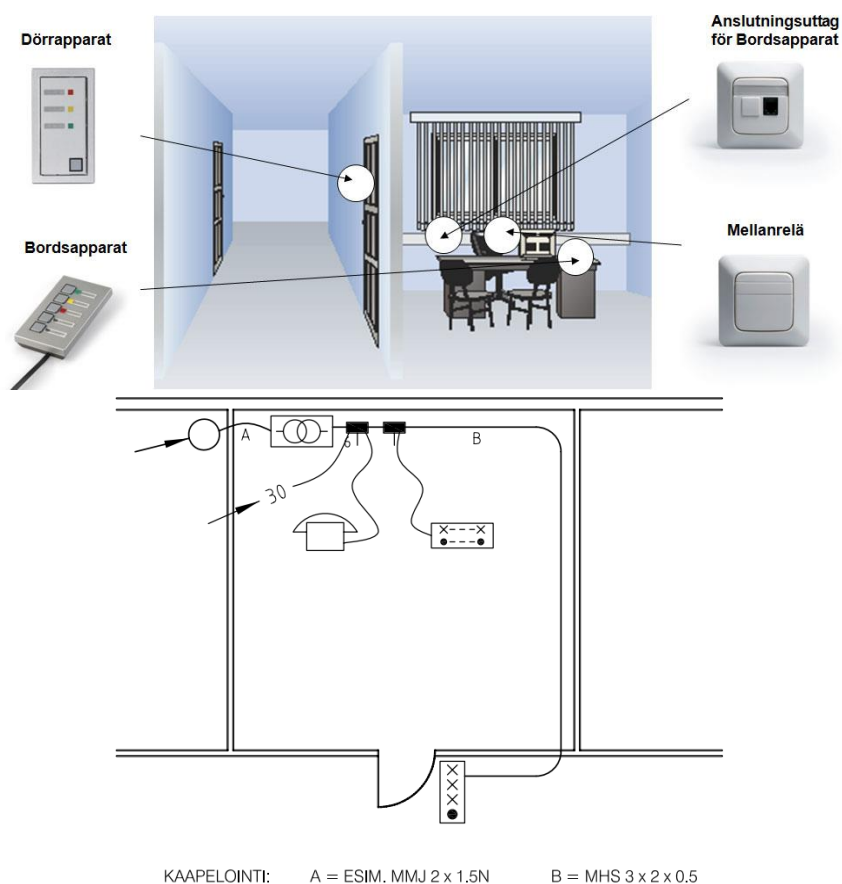


Figur 10. Exempel på nödlarm till invalid-WC [1], [2]

## 4.9.2 Kontorssignal

Arbets- och undersökningsrummen förses med ett kontorssignalsystem eller "stig in"-system som signalerar med olikfärgade dioder upptaget, vänta eller stig in. Systemet kan även kopplas till en bordstelefon eller överfallslarm, som visas i exemplet i figur 11.

Dörrapparaten installeras i installationskanalen intill dörren på utsidan av rummet och bordsapparaten i kabelkanalen på väggen i närheten av skrivbordet. I arbetsrummen som används inom psykiatri föreslås hopkopplingen med överfallslarm som vid en nödsituation skulle alarmera de övriga bordsapparaterna och ett larmdon i korridoren, men då ingen möjlighet ges till att larma tyst skulle ett sådant system i värsta fall förvärra situationen. I stället skaffas ett trådlöst system som kan kopplas till personalens mobiler. Ett principschema av systemet ses i bilaga 5.



Figur 11. Exempel på kontorssignal [1], [2]

## 5 Resultat

Resultatet är en fullständig elplanering som följer de bestämmelser som ställs enligt finländska standarder på utrymmen som skall användas inom hälsovården. Utrymmena är planerade med tanke på patientens säkerhet. Elsäkerheten är alltid viktig, men i ännu större utsträckning då det gäller undersökningar och behandlingar med utrustning som kan orsaka skada eller vålla besvär för patienten om det uppstår fel.

För att kunna göra en bra elplanering krävdes en omfattande inblick och medvetenhet om utrymmenas användning. Målet var att utrymmena skall vara så ändamålsenliga som möjligt. Därför planerades elinstallationerna och belysningen för att flexibelt och lätt kunna anpassas till de olika utrymmenas användning. Valet av elmateriel gjordes med tanke på att utrymmena kommer att användas under en lång tid.

Något som försvårade planeringen var den befintliga byggnaden. Även om byggnaden tidigare användes inom hälsovården så var det nu tvunget att byta ut de flesta systemen. För planeringen krävdes en noggrann kartläggning av den befintliga byggnaden. De höga kraven och den genomgripande renoveringen medförde längre planeringstid och ökade kostnader.

Planeringen skickades ut för offertberäkning den 19 februari 2018 och byggnadsarbetet börjar sommaren 2018. Tillsammans med de andra planerarna kommer jag att följa med arbetet under byggnadstiden och göra eventuella ändringar i elplaneringen.

## 6 Diskussion

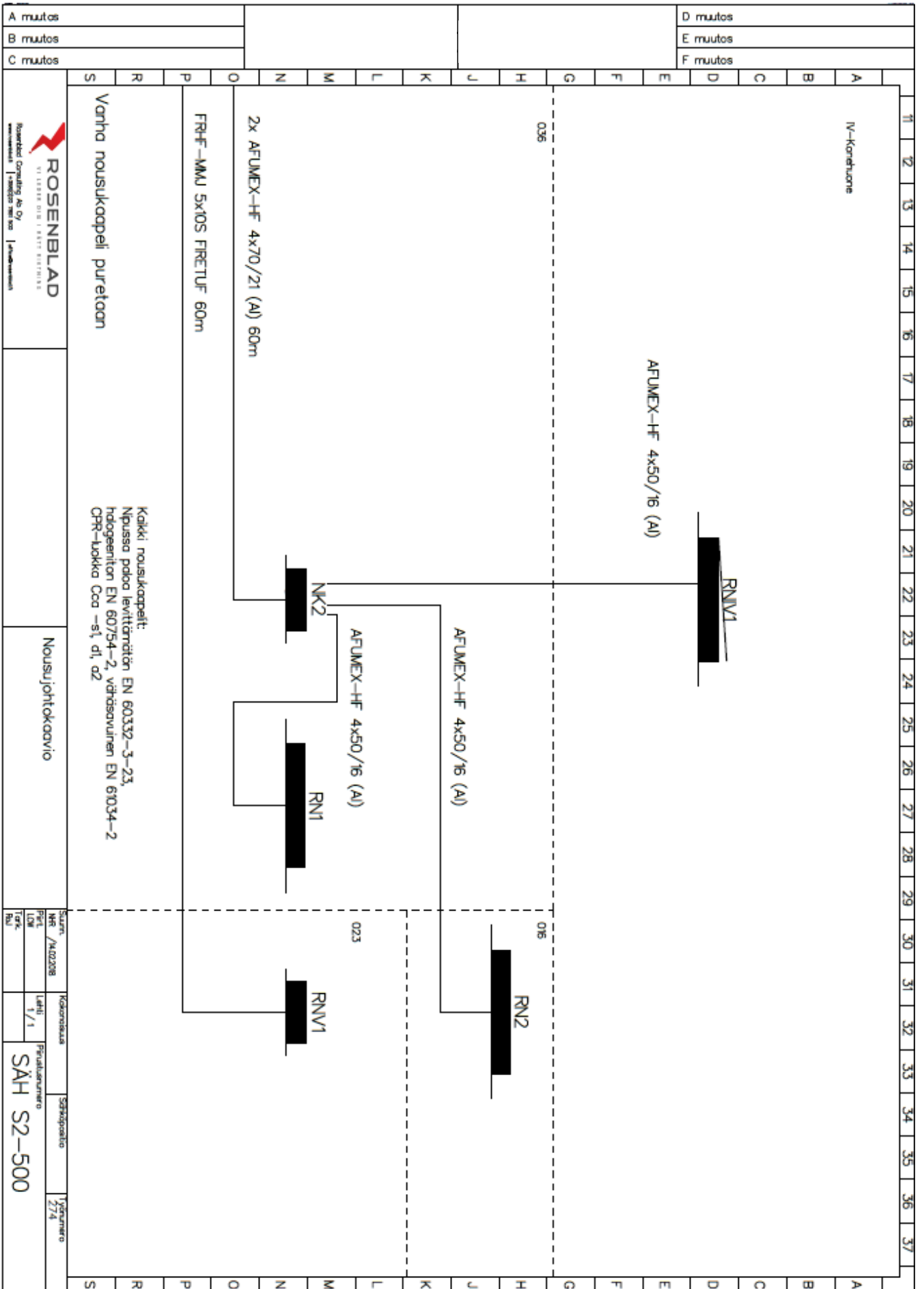
Jag letade länge efter ett lämpligt ämne för mitt examensarbete och valde det här ämnet därför att det verkade vara intressant och en lämplig utmaning.

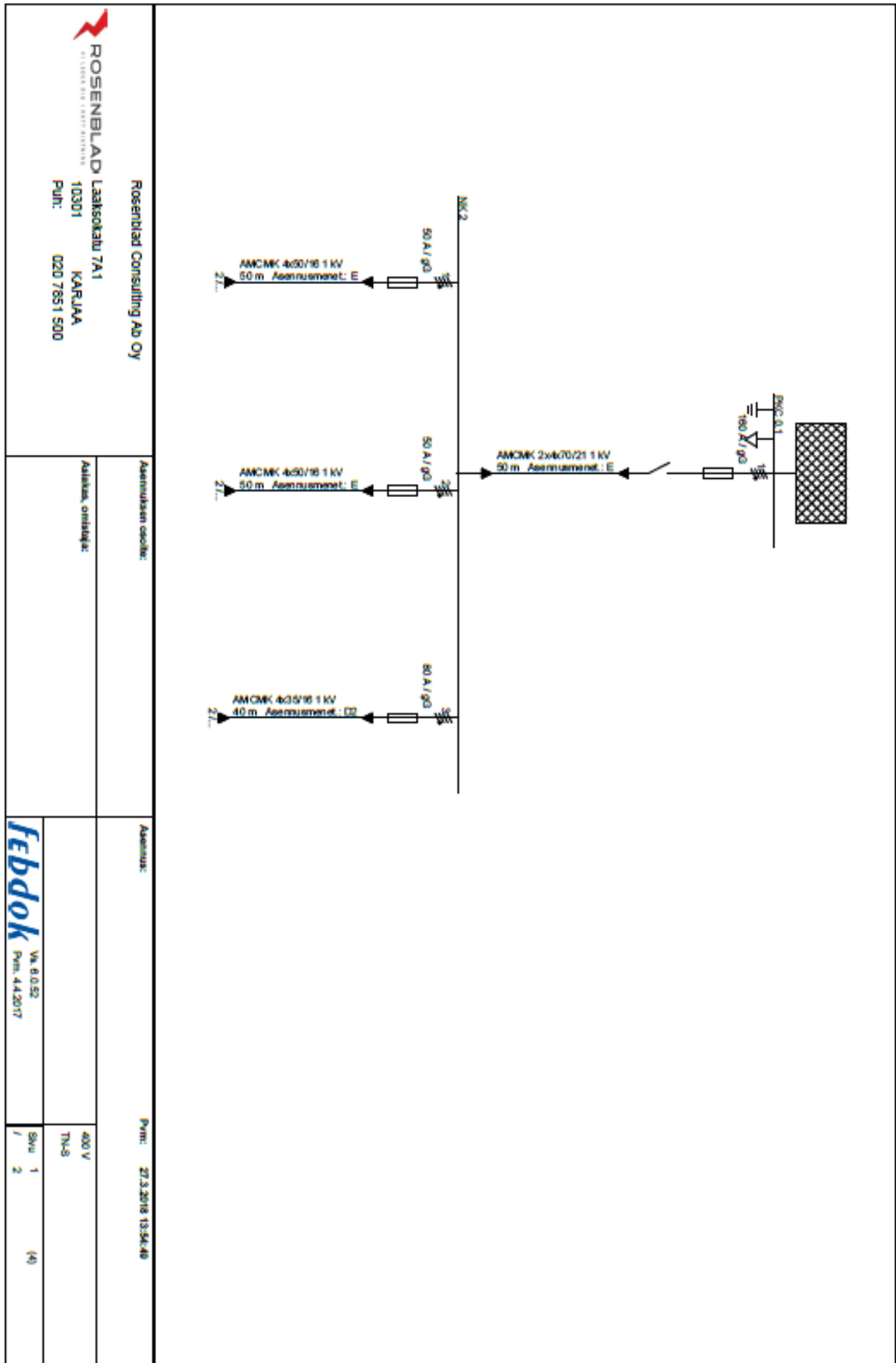
Under projektets gång hade jag flera möten tillsammans med arkitekten och stadens representant och andra planerare. På så sätt kunde jag få svar på olika frågor angående projektet och vi löste flera detaljer redan vid mötet. Detta sparade in tid som annars skulle ha gått åt att själv försöka lösa dem. För att lyckas har det krävts flera diskussioner med min handledare och mina kollegor om vad som är den bästa lösningen av olika problem och alternativ.


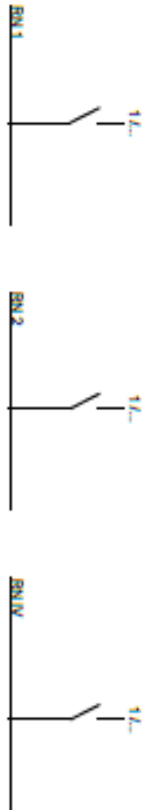
Mycket av det jag lärt mig kommer jag säkert att ha nytta av i framtida projekt. Det har gett mig mera insikt i de krav som ställs på olika slag av elinstallationer och gett mig en viss självsäkerhet av mitt kunnande.

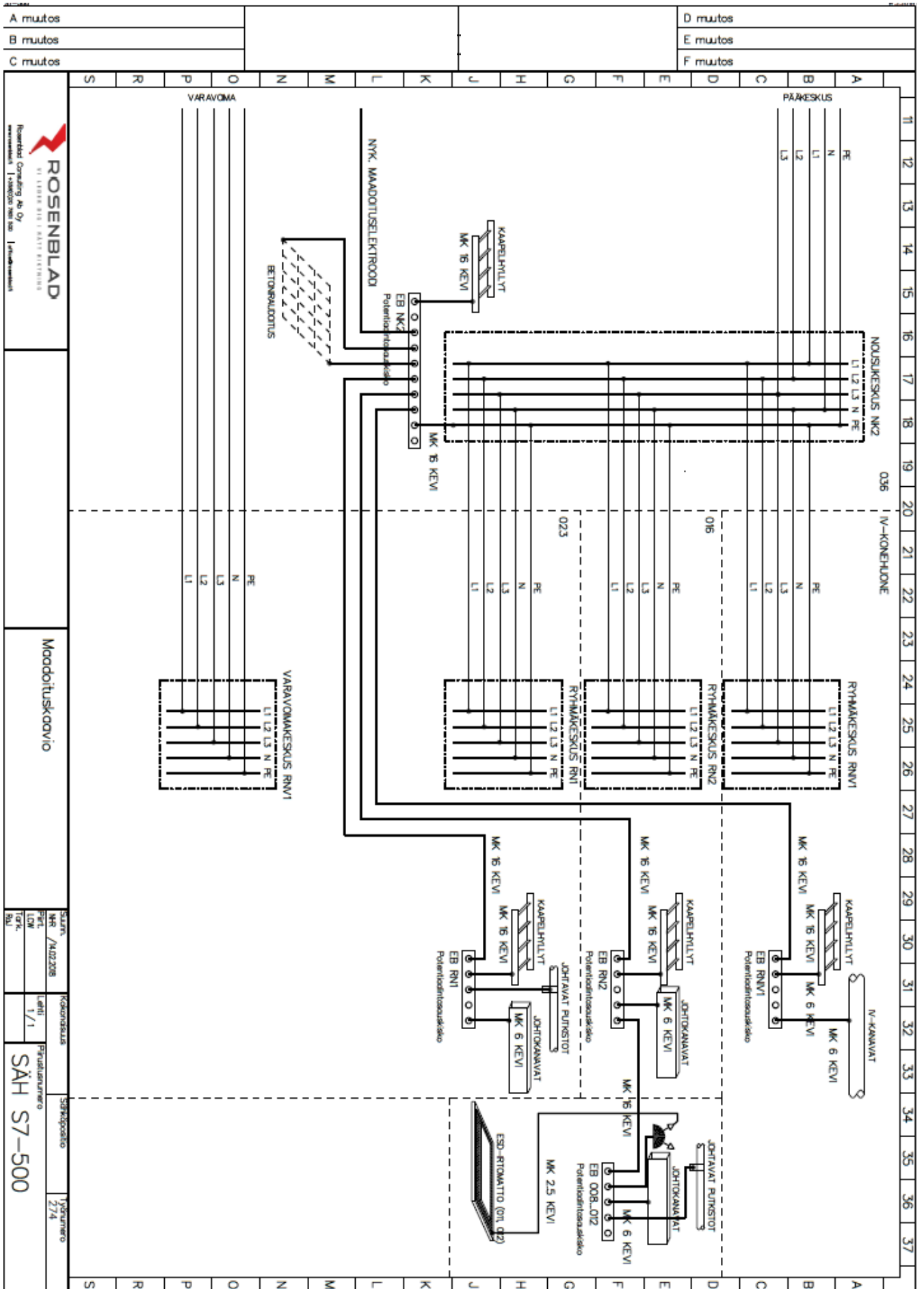
## Källförteckning

- [1] ABB, u.d. *Esimerkkijärjestelmät*. [Online]  
Tillgänglig: <http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106713A3949&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>  
[Använd 17 mars 2018].
- [2] ABB, u.d. *Installationsprodukter Larm och Signalssystem*. [Online]  
Tillgänglig: [http://www.installationsprodukter.se/56/RWC\\_SWE1.html](http://www.installationsprodukter.se/56/RWC_SWE1.html)  
[Använd 17 mars 2018].
- [3] AEC Ab, u.d. *FEBDOK*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.aec.se/produkter/febdok/>  
[Använd 28 mars 2018].
- [4] Fagerhult, u.d. *DALI – ett standardiserat digitalt protokoll för ljusstyrning*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.fagerhult.com/sv/Ljusstyrning/e-sense/e-Sense-Customised/Om-DALI/>  
[Använd 7 april 2018].
- [5] Glamox, u.d. *Intensivvårds- och undersökningsrum*. [Online]  
Tillgänglig: <http://glamox.com/se/solutions/examination-room>  
[Använd 7 april 2018].
- [6] Kyndata Oy, 2018. *Tietomallisuunnittelu (BIM)*. [Online]  
Tillgänglig: <http://www.cads.fi/index.php/ohjelmistot/cads-house/rakennesuunnittelu/tietomallisuunnittelu-bim>
- [7] Rosenblad Consulting Ab Oy, 2018. *Kvalitet*. [Online]  
Tillgänglig: <http://www.rosenblad.fi/se/tillforlitlighet/kvalitet>  
[Använd 23 mars 2018].
- [8] Sähköinfo Oy Pekka Koivisto, 2017. *ST-ohjeisto 03 Tiedonsiirtokaapelien valinta*. Esbo: Sähkötieto ry.
- [9] Sähköinfo Oy, 2006. *ST 673.50 Merkinanto- ja kutsujärjestelmät (T3), tekninen suunnittelu- ja asennusohje*. Esbo: Sähkötieto ry.
- [10] Sähköinfo Oy, 2013. *ST-käsikirja 36 Poistumisvalaistus*. Esbo: Sähkötieto ry.
- [11] Sähköinfo Oy, 2018. *ST 51.79 Ohje lääjintätilojen sähköasennuksiin*. Esbo: Sähkötieto ry.
- [12] SFS, 2011. *SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus*. Esbo: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [13] SFS, 2017. *SFS Handbok 600-1-1:2018:sv*. Helsingfors: SFS ry.
- [14] SFS, 2017. *SFS-Handbok 600-1-2:2018:sv*. Helsingfors: SFS ry.
- [15] Tiainen, E., 2017. *D1-2017 Handbok om byggnaders elinstallationer*. Esbo: STUL ry.





 <p><b>ROSENBLAD LAIKSKOLA 7A1</b>  <small>ST. LUKAS 218 LAIKSKOLA 7A1</small>          10301 KARJAA          Puh: 020 7651 500</p>		Rosenblad Consulting Ab Oy Asemuksen osoite:		Asemus:		Pvm: 27.3.2018 13:54:48	
		Aulien, ovet/luukut		400 V TN-S		Sivu 2 / 2 (5)	
							



Maadoituskavio

SÄH S7-500	1/1
------------	-----

SÄH S7-500

27/4

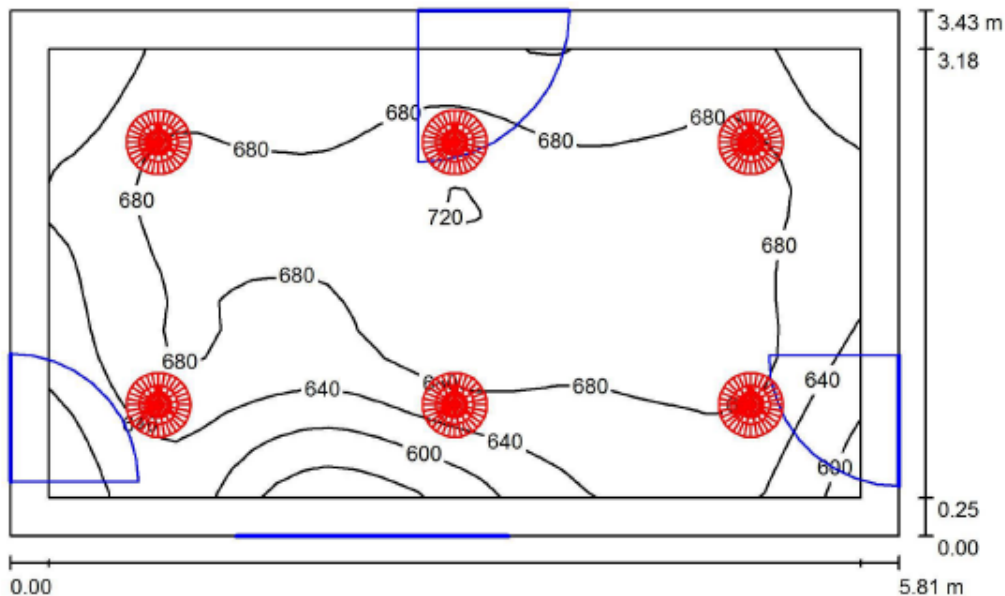
A muutos  
B muutos  
C muutos

D muutos  
E muutos  
F muutos

Rosenblad Consulting Ab Oy

Laaksokatu 7 1A  
KarjaaTekijä Martin Ingman  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## 010,011,012 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:44

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	666	533	728	0.801
Lattia	59	563	460	631	0.816
Katto	86	382	276	871	0.723
Seinät (4)	82	484	353	643	/

Käyttötaso:		UGR	Pitkittäin-	Poikittain	Valaisimen keskiviivaan
Korkeus:	0.850 m	Vasen seinä	20	20	
Rasteri:	32 x 16 Pisteet	Alempi seinä	20	20	
Reuna-alue:	0.250 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

## Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	6	Glamox A20-S420 LED 2400 840 - 1x32W LED A20-S 2400 (1.000)	2466	2449	32.0

Yhteensä: 14797 Yhteensä: 14694 192.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $9.65 \text{ W/m}^2 = 1.45 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $19.90 \text{ m}^2$ )

Rosenblad Consulting Ab Oy  
Laaksokatu 7 1A  
Karjaa

Tekijä Martin Ingman  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**010,011,012 / Kolmiulotteinen kuvanmuodostus**

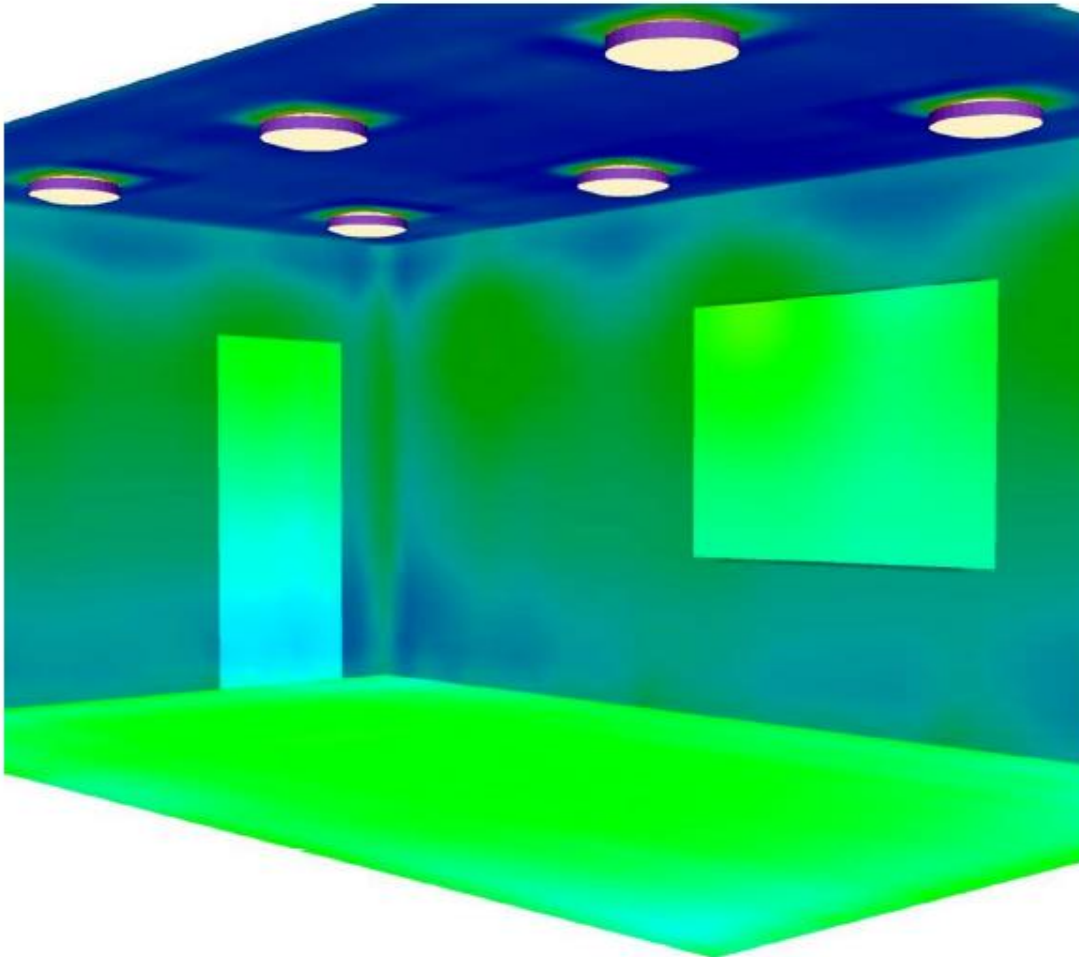


Rosenblad Consulting Ab Oy

Laaksokatu 7 1A  
Karjaa

Tekijä Martin Ingman  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

010,011,012 / Vääräväri-kuvanmuodostus



0 150 300 450 600 750 900 1050 1200 lx



