

# **Sanering av belysningsystem i parkeringshall**

Joakim Rikberg

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade Energisystem
Identifikationsnummer:	4563
Författare:	Joakim Rikberg
Arbetets namn:	Sanering av belysningssystem i parkeringshall
Handledare (Arcada):	DI Kim Rancken
Experthandledare:	Ingenjör Pekka Huhta
Uppdragsgivare:	Sähkö-Huhta Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Detta examensarbete utfördes på uppdrag av Sähkö-Huhta Oy. Målet med examensarbetet var att undersöka lönsamheten i att byta ut lysrörsarmaturer mot LED-armaturer i en parkeringshall i Alberga. Syftet med examensarbetet var att resultatet av undersökningen skulle kunna tillämpas även i övriga fastigheter.</p> <p>Examensarbetets teoretiska del behandlade lysrörsbelysning, LED-teknik, energibesparing och underhållsfrihet samt belysningsstyrning.</p> <p>Undersökningen utfördes genom jämförelse av parkeringsgrottans energiförbrukning före och efter bytet av armaturer. Resultatet var att bytet av lysrörsarmaturer till LED-armaturer var lönsamt, både energi- och kostnadsmässigt. Det framkom att fastän LED-armaturerna var mer kostsamma än lysrörsarmaturerna, så bidrog deras låga drift- och underhållskostnader, samt långa livstid, till att de var betydligt mer lönsamma än de ursprungliga armaturerna.</p> <p>Skribenten hoppas att resultatet av undersökningen kommer att förtydliga LED-armaturernas lönsamhet för uppdragsgivaren, samt öka det allmänna intresset för användning av dessa.</p>	
Nyckelord:	energibesparing, LED belysning, belysningsstyrning
Sidantal:	31
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	5.5.2017

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed Energy Systems
Identification number:	4563
Author:	Joakim Rikberg
Title:	Sanering av belysningsystem i parkeringshall
Supervisor (Arcada):	M. Sc. Kim Rancken
Expert supervisor	B. Sc. Pekka Huhta
Commissioned by:	Sähkö-Huhta Oy
<p>Abstract:</p> <p>This thesis was commissioned by Sähkö-Huhta Oy. The aim was to study the profitability when replacing luminaires for fluorescent lights with luminaires for LED lights in a parking hall in Alberga, Espoo. The goal of the study was that the result should be applicable also to other buildings.</p> <p>The theoretical part of the thesis dealt with fluorescent lighting, LED technology, energy conservation, maintenance-free lighting and steered lighting.</p> <p>The study was carried out as a comparison of the energy usage of the parking hall before and after the change of luminaires. The result was that the replacement of luminaires for fluorescent lights with luminaires for LED lights was profitable, both when energy use and costs were considered. The study revealed that although the luminaires for LED lights were more expensive, their low operating and maintenance costs as well as their long lifespan made them considerably more profitable than luminaires for fluorescent lights.</p> <p>The writer hopes that the result of this study will shine a light on the profitability of the use of luminaires for LED lights for the commissioning company as well as lead to an increased interest in their usage in general.</p>	
Keywords:	energy-saving, LED-lighting, steered-lighting
Number of pages:	31
Language:	Swedish
Date of acceptance:	5.5.2017

## Förord

Skrivandet av det här examensarbetet har varit en lång och lärorik process för mig. Jag har blivit mer insatt i tekniken gällande olika belysningsystem, vilket har varit intressant och vilket sannolikt kommer att vara till nytta i yrkeslivet.

Jag hoppas att examensarbetet kommer att väcka intresse för LED-belysningens energi- och kostnadsinbesparingen samt att resultatet av undersökningen kan bidra till att LED-belysning blir mer allmän.

Jag vill tacka min handledare DI Kim Rancken för goda råd och handledning. Dessutom vill jag tacka Sebastian Ahlnäs, som har stöttat och uppmuntrat mig i slutet av skrivprocessen. Sist, men inte minst, vill jag tacka min fru, Jessica Rikberg, för all hjälp och förståelse.

Borgå DATUM

---

Joakim Rikberg

# INNEHÅLL

## Sammandrag

## Abstract

## Förord

## Innehåll

## Förkortningar

## Figurer och tabeller

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Lysrörsbelysning .....</b>	<b>9</b>
2.1	Lysrörskomponenter.....	9
2.3	Problemafäll av lysrör .....	10
<b>3</b>	<b>LED-TEKNIK .....</b>	<b>12</b>
3.1	Olika LED-typer .....	13
3.2	LED-teknik i vardagen .....	15
<b>4</b>	<b>ENERGIBESPARING OCH UNDERHÅLLSFRIHET .....</b>	<b>17</b>
4.1	LED-belysningens livslängd .....	17
4.2	LED-dioden påverkas av värme .....	18
4.3	Återbetalningstid för LED-lampor .....	19
<b>5</b>	<b>STYRNING .....</b>	<b>20</b>
5.1	DALI DIGI-DIM .....	20
	<b>5.1.1 Programmerade DALI-system .....</b>	<b>21</b>
	<b>5.1.2 Självständiga DALI-system .....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Projekt parkeringshall.....</b>	<b>23</b>
6.1	Bakgrund till renoveringen.....	23
6.2	Plan för renoveringen .....	24
6.3	Utförandet av arbetet.....	24
6.4	Återbetalningstid.....	25
<b>7</b>	<b>SAMMANDRAG .....</b>	<b>27</b>

## Bilagor

## Förkortningar

CRI	Colour Rendering Index, ett index för hur belysningskällan är färgmässigt balanserad
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, ett digitalt styrningssystem
DIP	Dual In-line Package
LED	Light emitting diod
LM	Lumen
RGB	Red, green, blue, en typ av LED-belysning
SMD	Surface Mounted Device
SMPS	Switched-Mode Power Supply
UV	Ultra Violet strålning
W	Watt

## Figurer

Figur 1. Lysrörets uppbyggnad. (Edison Tech Center 2013)

(<http://www.edisontechcenter.org/Fluorescent.html>)

Figur 2. Lysrörets funktion. (Ensto 2016)

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/-1228387313247/1228387387439/1228387481543/1228396910117.html>

Figur 3. Traditionell lysdiod. (Edison Tech Center 2013)

<http://www.edisontechcenter.org/LED.html>

Figur 4. Typisk SMD-LED. (LED lights reviews 20xx)

<http://ledlights-reviews.com/led-lighting-evolution>

Figur 5. Filament-LED-lampa. (Energy Wise 2016)

<https://energywise.co/energywsie-led-vintage-filament-lamps/>

Figur 6. Tillverkning av filamentlampan. (LED inside 2011)

[http://www.ledinside.com/knowledge/2015/2/the\\_next\\_generation\\_of\\_led\\_filament\\_bulbs](http://www.ledinside.com/knowledge/2015/2/the_next_generation_of_led_filament_bulbs)

Figur 7. LED-armaturens livslängd. (Fagerhult 20xx)

<http://www.fagerhult.com/fi/Valaistustietoutta/LED/Led-valaisimien-elinika/>

Figur 8. Olika DALI-system. (Electrical Construction & Maintenance 2017)

<http://ecmweb.com/content/digital-dimming-dali>

Figur 9. Parkeringshallens bottenplan

Figur 10. Stapeldiagram över belysningens livscykelkostnader beräknat på 20 år.

Figur 11. Linjediagram för belysningskostnader beräknat på 20 år.

## Tabeller

Tabell 1. Traditionella lampors motsvarande LED-lampor (Sylvania.fi 2017)

Tabell 2. Återbetalningstid för LED-lampor jämfört med traditionella lampor (Tokmanni.fi, Taloon.com)

# 1 INLEDNING

Det här examensarbetet utfördes på uppdrag av Sähkö-Huhta Oy, där skribenten är anställd som arbetsledare sedan år 2013. Sähkö-Huhta Oy är ett elinstallationsföretag med huvudkontor i Esbo och sin huvudsakliga kundkrets i huvudstadsregionen.

Sähkö-Huhta Oy grundades i sin nuvarande form år 2005, men har anor längre bak i tiden. Företaget har omkring 45 anställda. Till Sähkö-Huhta Oy:s arbetsområden hör installations- och servicearbeten, kontraktarbeten, el- samt belysningsplanering. De utför även ADB-kablagesystem, fibernätsinstallationer och antenssystem. Dessutom har företaget en egen affär där de säljer elprodukter till privatpersoner. /16/

Syftet med examensarbetet var att räkna ut om det är lönsamt, och isåfall hur lönsamt, att installera LED-armaturer istället för lysrörsarmaturer i en parkeringsgrotta i Alberga. Skribenten valde att utföra sitt examensarbete om detta projekt, på grund av personligt intresse samt LED-belysningens ökande behov i dagens samhälle. Projektet i fråga var ett av de större arbetsuppdragen på Sähkö-Huhta Oy och omfattade ett stort antal armaturer samt hade ett avancerat styrningssystem. Eftersom antalet armaturer var omfattande, ansåg skribenten att han skulle uppnå ett tydligare resultat av energibesparingen.

Målet med examensarbetet var att få konkreta besparingsresultat som kan tillämpas även i övriga parkeringshallar och andra fastigheter, samt öka intresset för LED-belysning i allmänhet.

Undersökningen utfördes genom jämförelse av parkeringshallens energiförbrukning under ett år före och ett år efter bytet av armaturer.

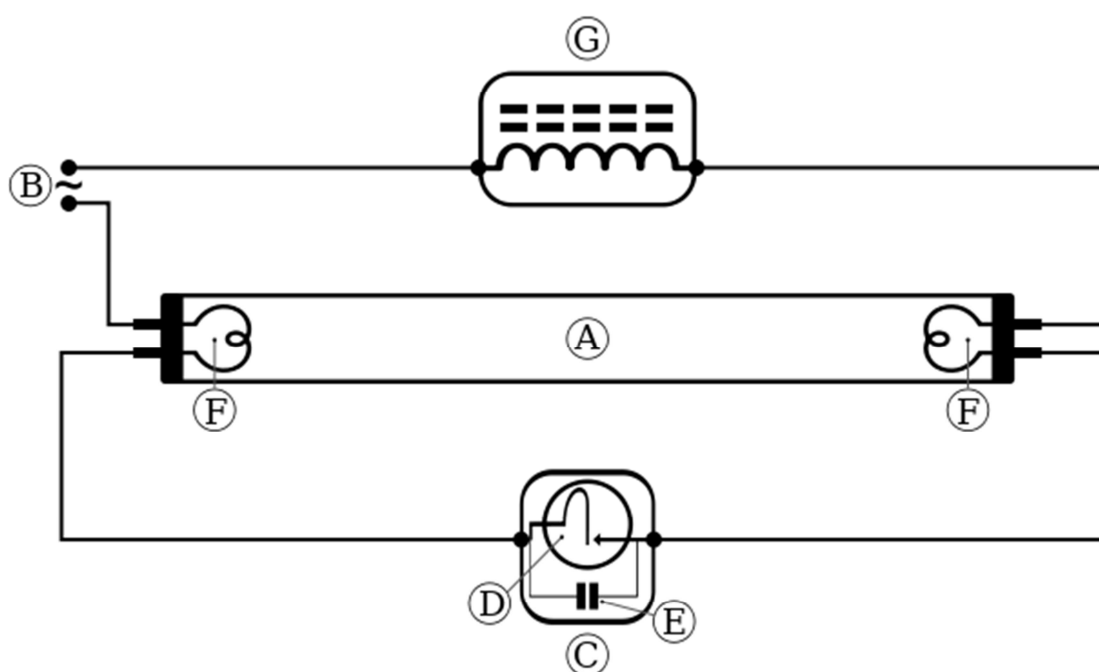
I detta arbete gick skribenten djupare in på teorin gällande lysrörs- och LED-belysningsteknik, energibesparing samt digitalstyrning (DALI) av belysning.

I slutet av arbetet presenterades själva projektet om parkeringshallen och redogjordes resultaten av undersökningen.



## 2 LYSRÖRSBELYSNING

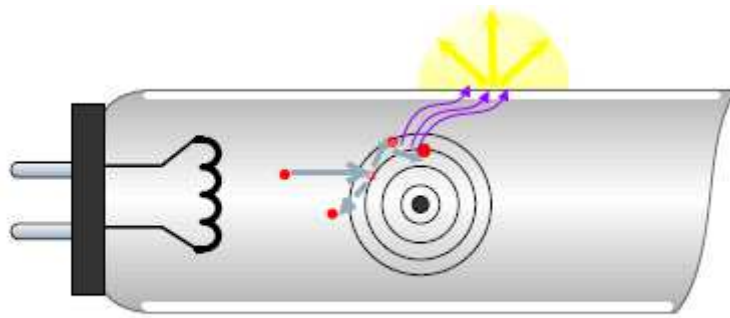
Lysrörslampans teknik baserar sig på en elektrisk urladdning mellan elektroderna i ändan av lampan. Lampans konstruktion framgår av figur 1. Inne i röret finns kvicksilver som har lågt tryck. När elektroderna glöder så lösgörs det elektroner som kolliderar med kvicksilveratomernas elektroner som når en annan energinivå. Elektronen överlämnar energi som UV-strålning då den går tillbaka till en lägre energinivå. På grund av fosforskiktet på lampans inre yta ändras UV-strålningen till synligt ljus. /4/



**Figur 1. Lysrörets uppbyggnad:** A: lysrörstub B: spänning 230V C: tändare D: brytare, E: kondensator, F: glödtråd, G: driftdon

### 2.1 Lysrörskomponenter

Lysrörslampan är en lågtrycks-urladdningslampa. Lysröret innehåller en droppe kvicksilver som förgasas av en elektrisk urladdning och bildar UV-strålning då el matas genom det. (Figur 2). För att få ljus så måste man ha ett förkopplingsdon. Största delen av lysrörsarmaturerna har lysrör, drossel och tändare eller ett elektriskt förkopplingsdon (Figur 1). /3/



**Figur 2.** Lysröret

Drosseln är uppbyggd av en lackisolerad koppartråd som är insvept i en spole. Ramen är monterad på en järnkärna som består av tunna metallplåtar. Luftspalterna i kärnan minskar magnetisk mättnad och förbättrar elektriska egenskaper. Drosseln är belagd med lack, harts eller massa som förbättrar isoleringen och värmeöverföringen samt minskar ljudet. /3/

Elektriska förkopplingsdon ändrar nätspänningen till spänning som är passande för lysrör. Huvudsakligen matar den för tändningen och lysröret egen spänning. Efter att lysröret tänts så sjunker spänningen. Spänningarna är beroende av lysrörets effekt och storlek. Då man använder sig av ett elektriskt förkopplingsdon når man bättre effektivitet än med traditionell drossel och tändare. /9/

En lysrörslampa (lågenergilampa) baserar sig på samma teknik som lysrören, men dess rör är böjda och i ändarna av rören har den en E27, E14 etc. lampsockel för att kunna användas istället för t.ex. standardiserade glöd- eller halogenlampor. Eftersom lysrörslampans driftdon är inbyggt i sockeln så behöver den inget enskilt driftdon för att tändas.

### 2.3 Problemavfall av lysrör

På grund av att lysröret innehåller kvicksilver klassificeras det som problemavfall. Ifall lysröret skulle gå sönder, förångas det läckta kvicksilvret i omgivningen. Ett helt lysrör

avger inget kvicksilver. Eftersom lysrören hör till problemavfall måste deras försäljare i Finland gratis ta emot lysrör som har brunnit ut.

### 3 LED-TEKNIK

LED-armaturerna har blivit allmännare i nutidens belysningsdelområden på grund av deras energieffektivitet. Eftersom LED-lamporna och armaturerna i början hade kortare livslängd, mindre urval i färgtemperaturen samt sämre belysningseffekt så har människor i allmänhet varit något försiktiga med att investera i dem. Teknologin inom belysning utvecklas dagligen och månadsvis utkommer nya, energieffektivare armaturer med längre livslängd. LED-armaturerna blir hela tiden mer allmänna, vilket leder till att de blir förmånligare och återbetalningstiden för dem blir kortare

LED är en lysdiod som är uppbyggd av olika skikt med halvledarmaterial. Lysdiodens elektriska spänning rör på elektronerna från det negativa skiktet och från hål på det positiva skiktet mot det aktiva lagret då det bildas ljus. Ljusets våglängd beror på vilka halvledarmaterial man använt. För att få blått ljus så använder man många olika lager av galliumnitrid, effektiviteten får man att öka med att blanda in indium och aluminium. Största delen av lysdiodens effekt går till belysning för att lysdioden omvandlar elektriciteten direkt till ljuspartiklar. /1/

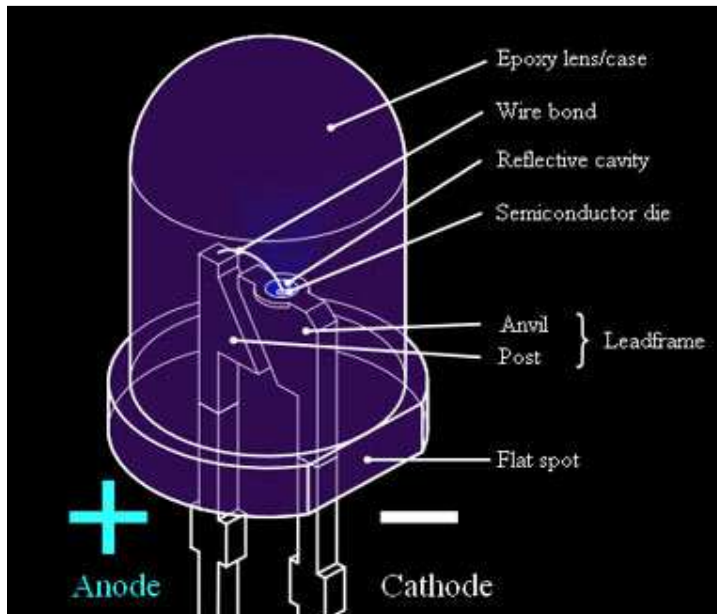
Det vanligaste sättet nuförtiden för att få vitt ljus är att tillsätta fosfor på blåa lysdiodens yta. Fosforet som man använder påverkar ljusets färg och färgåtergivning. Man får ett relativt bra färgåtergivningsvärde med hjälp av det här, ca 70–95 RA. Man får även vitt ljus genom att använda sig av många olika färgs LED-dioder. De kallas RGB-LED alltså Röda, Gröna och Blåa LED-dioder. /4/

Enskilda LED-chip har en storlek på ca 0,2 mm, därför kan man inom ett litet område montera flera chip och då blir mångfärgade LED:er också små. /4/

LED:er delas i två kategorier baserade på deras uppbyggnad; traditionella LED-dioder, som använder sig av enskilda lysdioder, och SMD, där dioderna är installerade på ett kretskort.

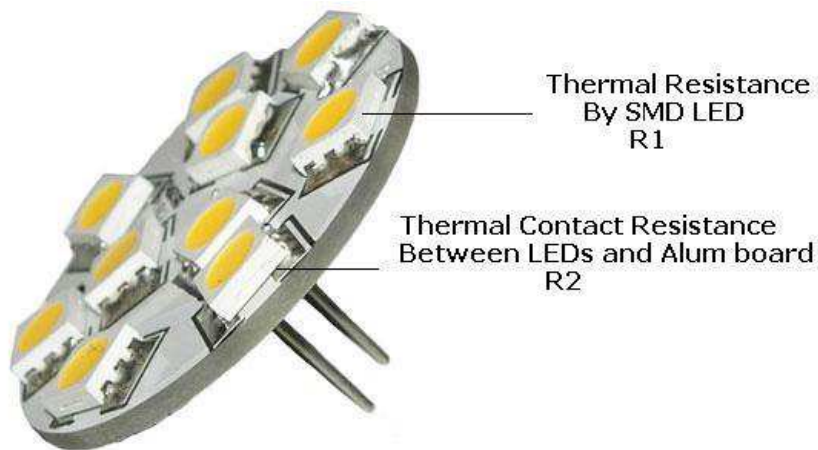
### 3.1 Olika LED-typer

I en traditionell lysdiod är ljuskällan inkaplad i en plastbehållare där det finns två stycken ledare ut ur behållaren. I den traditionella lysdioden kan man använda plastbehållaren som dioden är inne i för att styra ljuset i önskad riktning. (Figur 3.) /6/



**Figur 3.** Traditionell lysdiod.

Chipet hos SMD-LED är monterat direkt på kretskortet. (Figur 4). SMD-LED är oftast effektivare än traditionella LED:er på grund av att deras uppbyggnad är planerad för kylning genom att leda värme genom materialet de är installerade på. Då kylningen är bättre resulterar det även i att man får ut mer effekt ur dioden och livslängden är då betydligt mycket längre. /4/



**Figur 4.** Typisk SMD-LED.

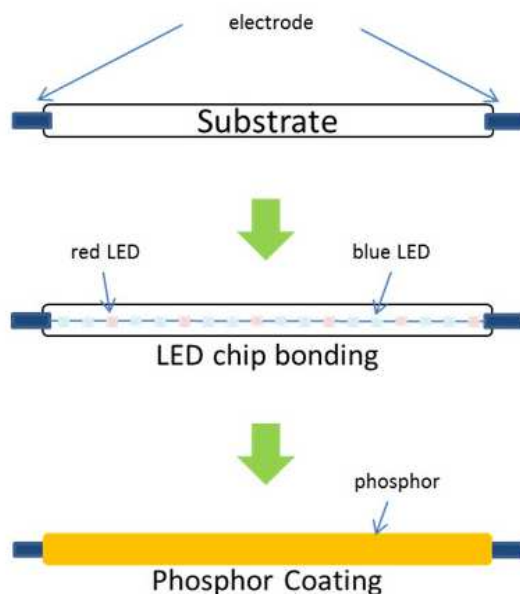
Filament-LED-lamporna påminner till stor del om vanliga glödlampor eftersom de har små trådar som lyser på samma sätt som glödlampans. Den allmännaste användningen för filament-LED-lampor är i lampor med klart glas. (Figur 5). /8/



**Figur 5.** Filament-LED-lampa.

Filamentlampan består av stickor som har på sig hundratals små LED-chip som är monterade på ett genomskinligt material (glas- eller safirmaterial). Genomskinligheten får ljuset att lysa jämnt åt alla håll utan störning. LED-lamporna är sedan täckta av en harts,

gjord av kisel och en blandning av fosfor, som ändrar LED-chipets ljus från blått till vitt. Med hjälp av den här designen kan man använda sig av blåa och röda LED-chip för att ändra färgtemperaturen. Varje ända av tråden har en metallelektrod för att möjliggöra elkoppling till lampan. Filamentlampan tillverkas genom att på en elektrod montera röda och blåa LED-chip, varefter ytan beläggs med ett fosforlager. (Figur 6).



**Figur 6.** Tillverkning av filamentlampan.

LED fungerar med likström, vilket resulterar i att man måste ha ett kopplingsdon, i form av en korrekt dimensionerad likspänningsomvandlare, eller använda sig av en switchad omvandlare (SMPS), för att den skall fungera med växelströmsmatning. Alla typer av LED-lampor kan inte regleras. Eftersom LED-ljuskällan fungerar med 12 volt eller 24 volt DC så krävs det att LED-lamporna har en transformator. För att sänka priset så finns det också icke-reglerbara LED-lampor på marknaden. /17/

### 3.2 LED-teknik i vardagen

LED-lampor och -armaturer används nuförtiden allt oftare i vardagen. LED-tekniken utvecklas dagligen, livslängden förlängs, elförbrukningen minskar och ljusstyrkan ökar. Eftersom de första LED-lamporna som utkom på marknaden var av dålig kvalitet, så är

en stor del av konsumenterna väldigt försiktiga med att byta ut sina gamla lampor till LED.

LED-lampor har blivit den primära ljuskällan i kalla omständigheter som till exempel kylar och frysar. De används även i krävande omständigheter så som oljeplattformar och i maskinindustrin. På grund av deras långa livslängd så används de även på svåråtkomliga ställen eftersom de inte behöver bytas så ofta.

I vardagliga livet används LED-lampor till allmän belysning, märklampor, bilarnas kör-  
ljus och mycket mera. /7/

För tillfället finns det på marknaden LED-lampor istället för nästan alla sorters lampor. I tabell 1 ser man olika exempel på ersättare av gamla lampor med LED-varianter. Man kan notera skillnaderna i ljusstyrka och energieffektivitet samt livslängd.

**Tabell 1.** Traditionella lampors motsvarande LED-lampor.

	Lumen	Effekt	Livslängd	Effektivitet
<b>Nuvarande lampor</b>				
<b>1</b> Lysrör T8 18W/840 Sylvania	1350lm	18W	20 000h	75 lm/W
<b>2</b> Lysrör T8 36W/840 Sylvania	3350lm	36W	20 000h	93 lm/W
<b>3</b> Lysrör T8 58W/840 Sylvania	5200lm	58W	20 000h	90 lm/W
<b>4</b> Glödlampa E27 60W	710lm	60W	1000h	12 lm/W
<b>5</b> Halogenlampa Philips 35W GU10	185lm	35W	1000h	5 lm/W
<b>6</b> Halogenlampa Philips 50W GU10	330lm	50W	1000h	6,6 lm/W
<b>7</b> Glödlampa E14 25W	179lm	25W	1000h	7,16 lm/W
<b>8</b> Glödlampa E14 40W	320lm	40W	1000h	8 lm/W
	Lumen	Effekt	Livslängd	Effektivitet
<b>Motsvarande LED lampor</b>				
<b>1</b> Toledo Superia 10W/840	1500lm	10W	50 000h	150 lm/W
<b>2</b> Toledo Superia 20W/840 Sylvania	3000lm	20W	50 000h	150 lm/W
<b>3</b> Toledo Superia 27W/840 Sylvania	4050lm	27W	50 000h	150 lm/W
<b>4</b> Toledo GLS 10W/827 Sylvania	810lm	10W	15 000h	81 lm/W
<b>5</b> Refled 3,6W/830 Sylvania	240lm	3.6W	15 000h	66,66 lm/W
<b>6</b> Refled 4,5W/830 Sylvania	345lm	4.5W	15 000h	76,66 lm/W
<b>7</b> Toledo Candle E14	250lm	3.2W	15 000h	78,13 lm/W
<b>8</b> Toledo Candle E14	470lm	5.5W	15 000h	85,45 lm/W



## 4 ENERGIBESPARING OCH UNDERHÅLLSFRIHET

Bara för drygt tio år sedan fanns det endast glöd- och halogenlampor på marknaden. Eftersom tekniken har utvecklats har LED-lampor utkommit på marknaden och börjat ta över belysningsmarknaden.

På grund av att LED-lamporna var dyra och de var av dålig kvalitet så var det många som fortsatte att använda sig av glödlampor och halogenlampor, och eftersom lysrörslamporna fanns till förnuftigt pris och deras effekt var betydligt lägre än glöd- och halogenlamporna så investerades det mycket i dem. LED-lampornas pris har blivit betydligt lägre, livslängden har blivit mycket längre och effekten har blivit mycket lägre än övriga lamptyper idag.

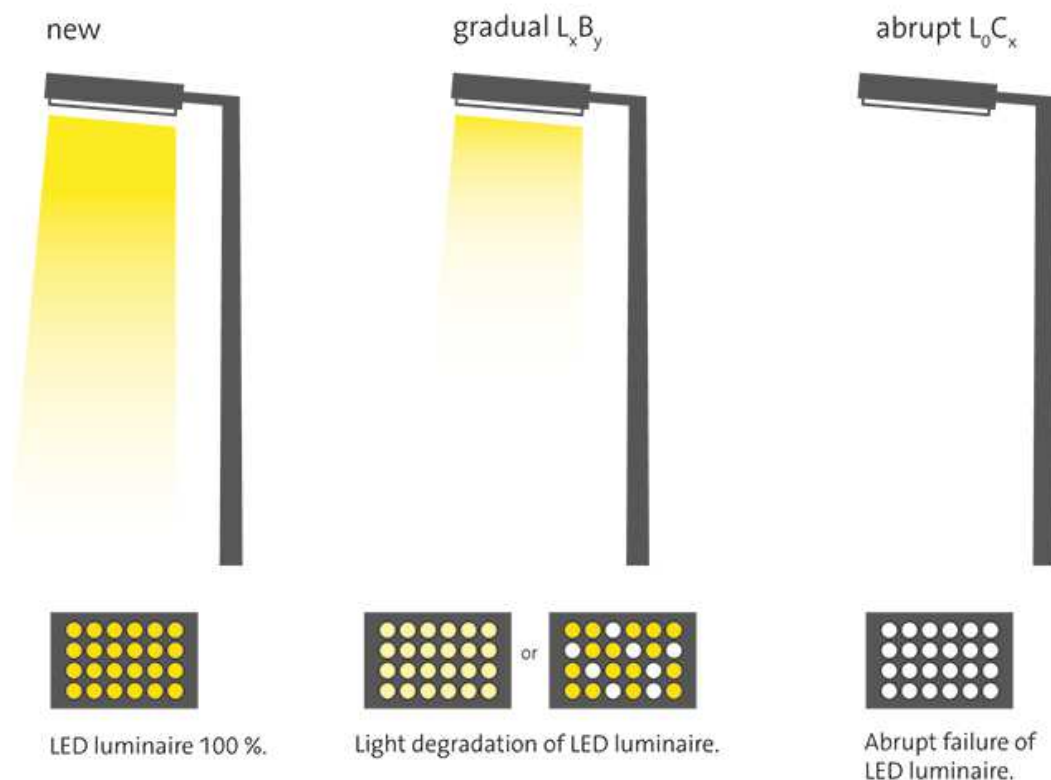
När man köper en lampa skall man inte endast se på investeringspriset för tillfället, man måste också ta i beaktande hur mycket den kommer att kosta under hela sin livstid och hur lång livstid den har. /10/

### 4.1 LED-belysningens livslängd

LED-armaturers livslängd anges enligt internationella standarder med två olika värden, det ena värdet anger ballastens livslängd och det andra anger LED-modulens livslängd. Ballastens livslängd beror på 3 st olika faktorer; ballastens elektroniska komponenter, komponenternas temperatur och ballastens uppbyggnad. Livslängden anmäls till exempel 50 000 timmar/10% då temperaturen inte överskrider  $t_c$  värdet som anmälts i tekniska informationen. Då man definierar armaturens livslängd måste man ta bägge värden i beaktande.

LED-modulens livslängd anges med faktorerna  $L_{70}$ ,  $L_{80}$ ,  $L_{90}$ . L-värdet beskriver hur mycket ljusstyrkan har sjunkit då armaturen har använts en angiven tid, d.v.s. om tillverkaren anmäler livslängden till 35 000h och  $L_{70}$  så skall armaturen ännu ha kvar 70% av sin ursprungliga ljusstyrka efter 35 000h. Tillsammans med L-värdet används också ett B- eller C-värde, som procentuellt anger hur stor sannolikhet armaturen har 70 % av sin ljusstyrka kvar. Största delen av armaturerna har ett B-värde på  $B_{50}$ , vilket betyder att L-värdet endast är ett medeltal av ljusstyrkan för armaturerna efter den angivna livslängden. (Figur 7). C-värdet anger hur många procent av armaturerna som slocknat totalt efter angiven livslängd. Man tar ej C-värdet i beaktande om enskilda LED-chip har

slocknat, endast då hela armaturen inte längre lyser. Ifall tillverkaren har angett ett värde på  $C_{10}$  35 000h, så har 10 % av armaturerna slocknat efter 35 000h. /13/



**Figur 7.** LED-armaturens livslängd.

För LED-lampor anges livslängden i timmar, efter att lamporna har brunnit den angivna tiden så skall hälften av lamporna ännu brinna d.v.s. det är angivet endast som ett medeltal. Det är beräknat att lamporna brinner 1000 h i året. LED-lampornas livslängd brukar vanligtvis vara mellan 15 000 h och 50 000 h. /14/

## 4.2 LED-dioden påverkas av värme

Då diodens värme är hög så blir den blåa dioden och fosforskiktet i dioden i sämre skick, vilket förorsakar att ljusstyrkan sjunker även i längden. Ljusstyrkan hos LED:en sjunker så småningom. Ju varmare miljö LED-lampan befinner sig i, desto högre är LED:ens temperatur, därför rekommenderas det inte att man installerar LED-lampor t.ex. i bastun. Om man däremot använder LED:en t.ex. i kylrum så förlängs dess livstid istället. /7/

### 4.3 Återbetalningstid för LED-lampor

I tabell 2 finns beräknat återbetalningstiden för olika glödlampor i jämförelse med LED- och lysrörslampor. Prisen är nuvarande marknadspriser i Finland tagna från olika nätsidor. /18//19/

**Tabell 2.** Återbetalningstid för LED-lampor jämfört med traditionella lampor.

	Glödlampa Osram		Halogenlampa Airam		Energisparlampa Osram Dulux		LED Sylva- nia Toledo	
Estimerat pris per lampa med samma ljusstyrka	1	€	2,2	€	14	€	9	€
Livstid	1200	h	2000	h	20000	h	15000	h
Effekt	60	W	42	W	14	W	8,5	W
Mängd lampor som behövs för 20 000 h	17	st	10	st	1	st	1	st
Pris för köp av lampor under 18 år	17	€	22	€	14	€	12	€
Elkostnader för 20 000 h brinntid, elpris 0,12€/kWh	144	€	100,8	€	33,6	€	20,4	€
<b>Totala pris för 18 år</b>	<b>161</b>	<b>€</b>	<b>123</b>	<b>€</b>	<b>48</b>	<b>€</b>	<b>32</b>	<b>€</b>

## 5 STYRNING

I alla belysningsystem måste belysningsarmaturen kunna kommunicera med en styrenhet. Då det är frågan om digitala dim-system så har olika tillverkare patentskyddade styrningsmetoder eller öppna standarder, som t.ex. DALI som är ett digitalt adressbart belysningskommunikationsprotokoll. /2/

Det positiva med patenterade system är att tillverkaren har testat alla komponenter individuellt och granskat att alla fungerar i samma system. Nackdelen är dock att då måste man använda samma tillverkares komponenter också vid framtida behov och det kan minska möjligheterna att utvidga systemet. /2/

Nackdelar med lysrörslampan är att den tänds långsamt och den innehåller kvicksilver som är problemavfall.

### 5.1 DALI DIGI-DIM

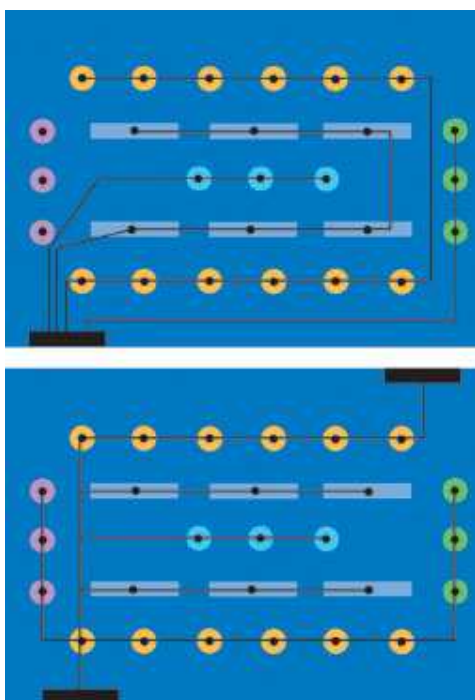
DALI är ett öppet digitalt system som många tillverkare använder för belysningsstyrning eller dimning. För tillfället baserar sig DALI på kommandon till och från armaturens styrenhet som har bestämda elektriska egenskaper. /2/

På grund av att DALI är ett öppet system så använder många olika tillverkare det, vilket resulterar i att man kan använda belysningskomponenterna från en tillverkare, och styrenheterna från en annan. /2/

Då man använder digitala belysningsstyrningsmetoder så är det mycket enklare att dela in belysningen i zoner, eftersom varje styrenhet i det digitala systemet är adressbart, vilket betyder att man med olika datorprogram kan förbinda olika armaturer i grupper, eller styra dem individuellt med en eller flera brytare. Man kan också programmera olika dimningslägen baserat på hurudant bruk man har på stället där man använder armaturerna. Om man efter en tid märker att man vill ändra på systemet så går det lätt endast med att programmera om kopplingslägen som man har programmerade i en dator. /2/

I ett DALI-baserat system kan man använda sig av olika styrningsenheter så länge som komponenterna är kompatibla med DALI styrning. Man kan använda olika brytare, rörelsedetektorer eller ljusmätare. I de fall man använder ljusmätare brukar man i utrymmet ha en eller flera ljusmätare som känner av hur mycket ljus det kommer in och baserat på ljusets allmänna belysningsstyrka så dimmas belysningen. /2/

Med DALI-programmet kan programmeraren installera olika veckoscheman i fastigheter där belysning endast behövs en viss tid av dygnet. Då bygger man upp schemat så, att belysningsstyrkan är normal under bestämda användningstider och utanför tiderna görs dimning med lägre styrka eller så är lamporna helt och hållet avstängda om inte användaren kringgår styrningen genom att tända lamporna med brytare. /2/



**Figur 8.** Det övre systemet består av självständiga DALI-system och det nedre av programmerade DALI-system.

### 5.1.1 Programmerade DALI-system

Då man använder sig av centrala styrenheter så programmerar man varje armaturs drift-  
don individuellt. Om det finns behov av fler brytare eller rörelsedetektorer så är det  
möjligt att dra kablarna rakt från vilken armatur som helst, dock måste man i så fall

programmera brytaren så den fungerar med den centrala styrenheten. På grund av att informationen går digitalt så kan armaturerna även skicka information till den centrala styrenheten då man centralt kan se om armaturerna behöver underhåll eller hurudan förbrukning varje armatur har. /2/

### **5.1.2 Självständiga DALI-system**

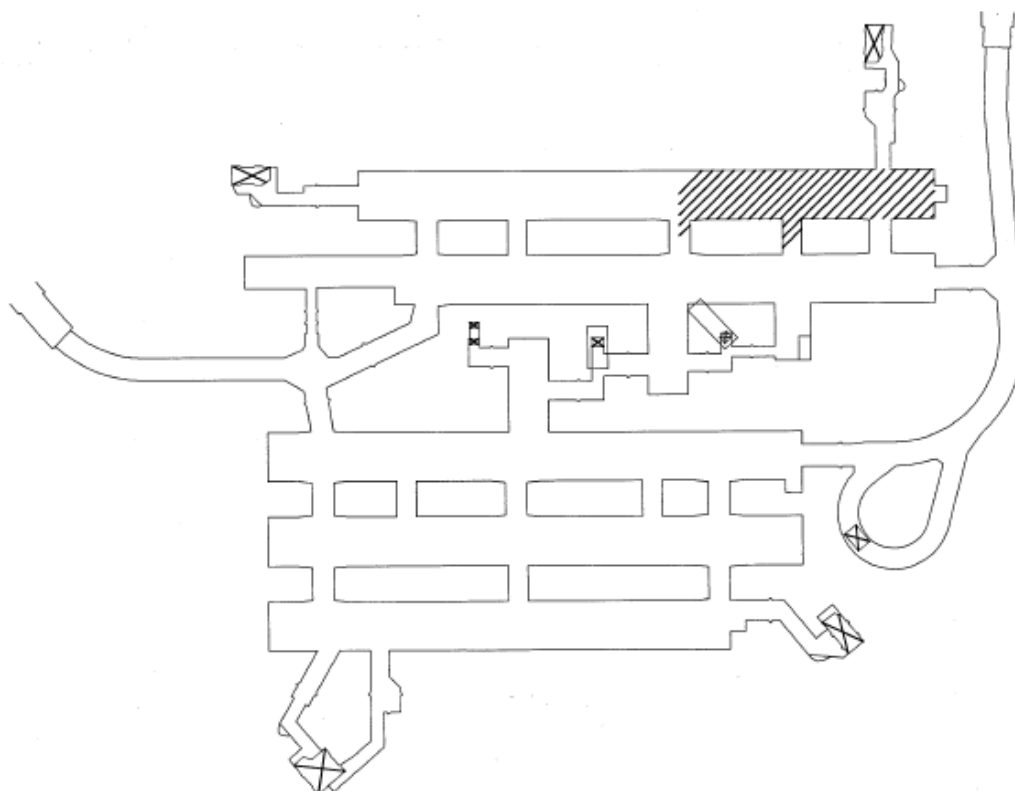
I självständiga system använder man sig av en eller flera styrenheter som styr en grupp av digitala driftdon direkt. Då man använder sig av ett självständigt system så kablas det från styrenheten t.ex. rörelsedetektorn två st. ledare som går till varje armatur som är menade att de rörelsedetektorerna skall styra. (Figur 8). /2/

## 6 PROJEKT PARKERINGSHALL

Projektet för byte av belysningsarmaturerna utfördes i en parkeringshall som är belägen under jorden och därför saknar naturligt ljus helt och hållet. Parkeringshallen har ca 650 st. parkeringsplatser. Företaget fick en offertförfrågan på att byta ut 292 gamla armaturer i parkeringshallen mot nya LED-armaturer som fungerar med rörelsedetektorer. Parkeringshallen är tagen i bruk år 2002 och armaturerna var ursprungliga.

### 6.1 Bakgrund till renoveringen

Parkeringshallen är belägen i en grotta i Alberga, Esbo. Parkeringshallens bottenplan kan ses i figur 9. Den har 5 st. långa hallar och alla har 3 rader med lysrörsarmaturer. Den mittersta radens lysrörsarmaturer var hela tiden tända och sidoraderna var endast tända då någon manuellt tände dem. Vid mellangångarna fanns det rörelsedetektorer med infraröda sensorer.



**Figur 9.** Bottenplanen för hela parkeringshallen.

## 6.2 Plan för renoveringen

Planen var att byta ut mittersta radens samt inkörningsrampens alla armaturer till LED-armaturer som fungerar med rörelsedetektorer. Istället för de gamla armaturerna planerades det Rexel Finland OYs Certus LED DALI 48W/4K LED-armaturer som har 6600 lumen belysningsstyrka per armatur. LED-armaturerna har DALI förkopplingsdon så de lyser med 10% styrka då det inte finns någon rörelse i parkeringshallen och efter att rörelsesensorerna känner av att någon rör sig i parkeringshallen så stiger styrkan till 100%. Samtidigt som styrningen sparar energi så förlänger den även armaturernas livstid.

Planen var att installera rörelsedetektorer i alla hallar och inkörningsrampen så att varje halva av hallarna och inkörningsrampen var egna områden, tillsammans 66 st. Varje halva hall har i medeltal 6 st. rörelsedetektorer som styr dem. Som rörelsedetektorer användes Luxomat:s Master PD 4M och Slave PD 4S som har DALI-funktion. Varje halva av hallarna har en Master rörelsedetektor och resten är Slave. (Bilaga 1).

Tidtabellen för projektet var 7 veckor. Parkeringshallen delades in i mindre arbetsområden på vilka arbetet utfördes på i genomsnitt 1,5 vecka per område.

## 6.3 Utförandet av arbetet

Arbetet utfördes av två elmontörer och en praktikant från Sähkö-Huhta Oy under tiden 28.4.2015-29.5.2015.

Till stor del gick arbetet som planerat, men vissa mindre problem uppstod dock. Ett problem var att säkerhetsbelysningen i hallen var felkopplad efter bytet av armaturerna. Detta upptäcktes dock redan i första hallen och kunde på så vis åtgärdas i resten av hallarna. Ett annat problem uppstod på inkörningsrampen där saxliftarna inte fungerade med full effekt på grund av lutningen. Saxliftarna var man tvungna att använda för att effektivisera arbetet, eftersom lysrören och kabelhyllan de var fastsatta i, var på 3 meters höjd.

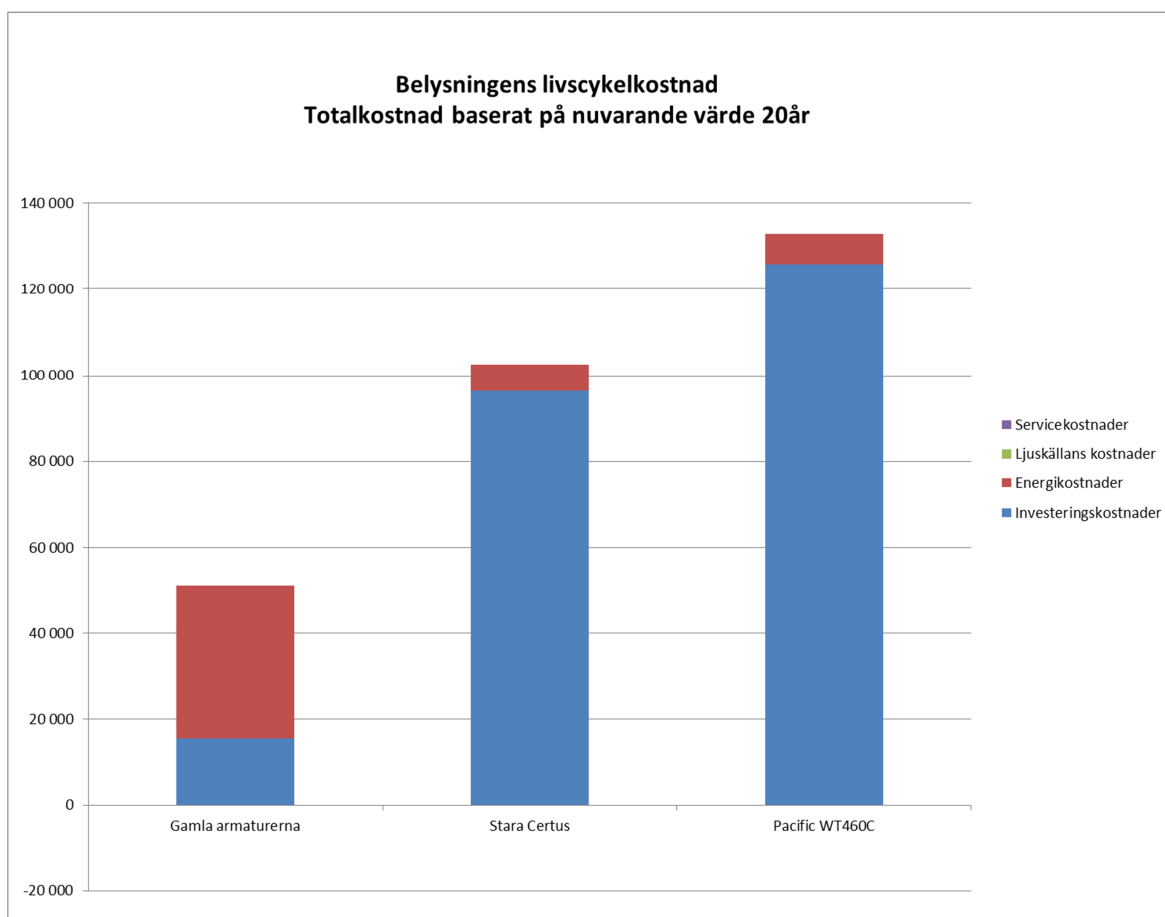
Arbetet fortskred snabbare än planerat och slutfördes på endast 5 veckor.



## 6.4 Återbetalningstid

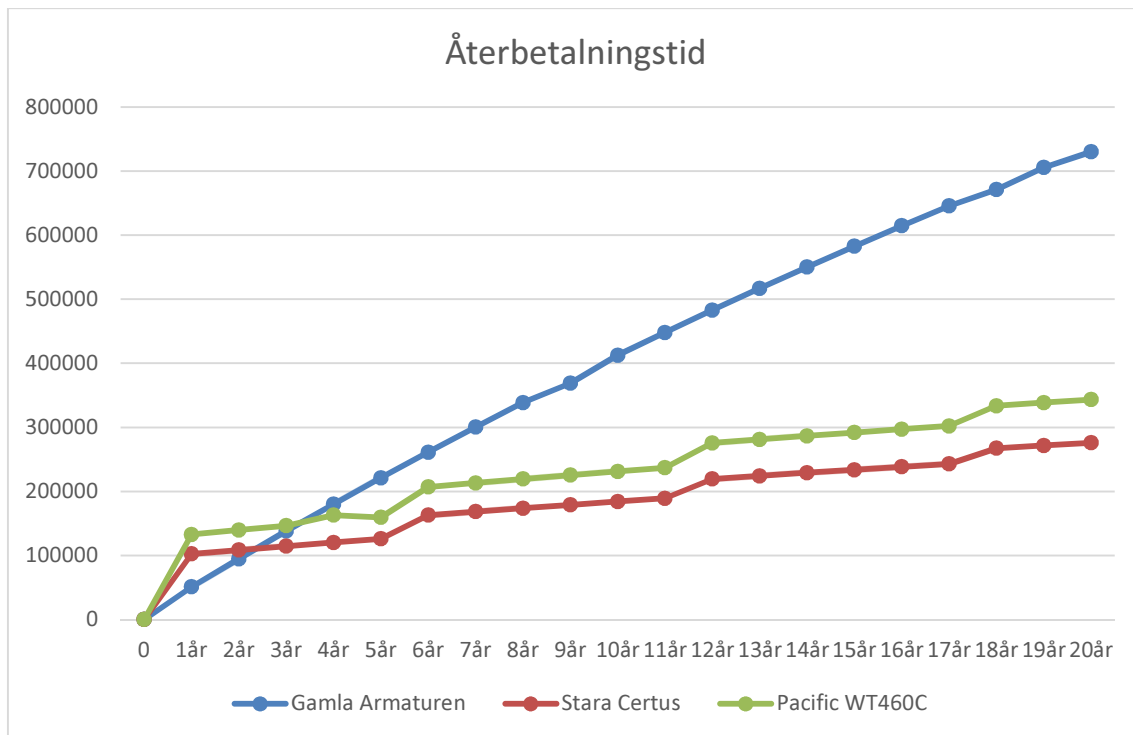
I det här projektet användes det som hjälp Sveriges energimyndigheters beräkningsmodell för återbetalningstid. (Bilaga 2). I beräkningen jämfördes 3 st. olika armaturer; den ursprungliga belysningen med 2x58W lysrörsarmaturer, Rexel Stara Certus 48W/840 LED-armatur och Philips Pacific 54W LED-armatur.

Den nya armaturen som installerades i parkeringshallen var Rexel Stara Certus eftersom investeringskostnaderna var mindre, vilket resulterade i under 20 års tid så var den också billigare. Enligt 20 års beräkningen så sjunker kostnaderna med 43%, även om man investerar i nya armaturer och styrning.



**Figur 10.** Stapeldiagram över belysningens livscykelkostnader beräknat på 20 år.

I figur 11 ser man de estimerade kostnaderna årsvis. Enligt beräkningarna skulle återbetalningstiden för installationen av Stara Certus armaturen vara ca. 2,5 år.



**Figur 11.** Linjediagram för belysningskostnader beräknat på 20 år.

Exaktare värden som använts för återbetalningstidens beräkningar finns i bilaga 2.

## 7 SAMMANDRAG

Eftersom investeringskostnaderna har sjunkit för LED-armaturer så har det blivit lönsamt att byta gamla lysrörsarmaturer till LED-armaturer och om man i samband med byte av armaturer investerar i effektivare styrning kan man minska kostnaderna mera då inte lamporna är på fortsättningsvis.

I projektet investerades 102 502 € (exklusive moms) 127 102 € (inkusive moms), vilket gav en återbetalningstid på ca 2,5 år.

Med de nya LED-armaturerna blev energibesparingen årsvis ca 1MWh/år per armatur, totalt 291,6MWh/år, då 292 armaturer byttes ut. Besparingen för energikostnaderna var 29 160 € per år, då man räknar med att energipriset är 0,1€/kWh.

Eftersom LED-armaturernas servicekostnader är betydligt lägre än lysrörens, p.g.a. lysrörens kortare livslängd, så bidrar det till ytterligare besparingar som dock endast går att uppskatta.

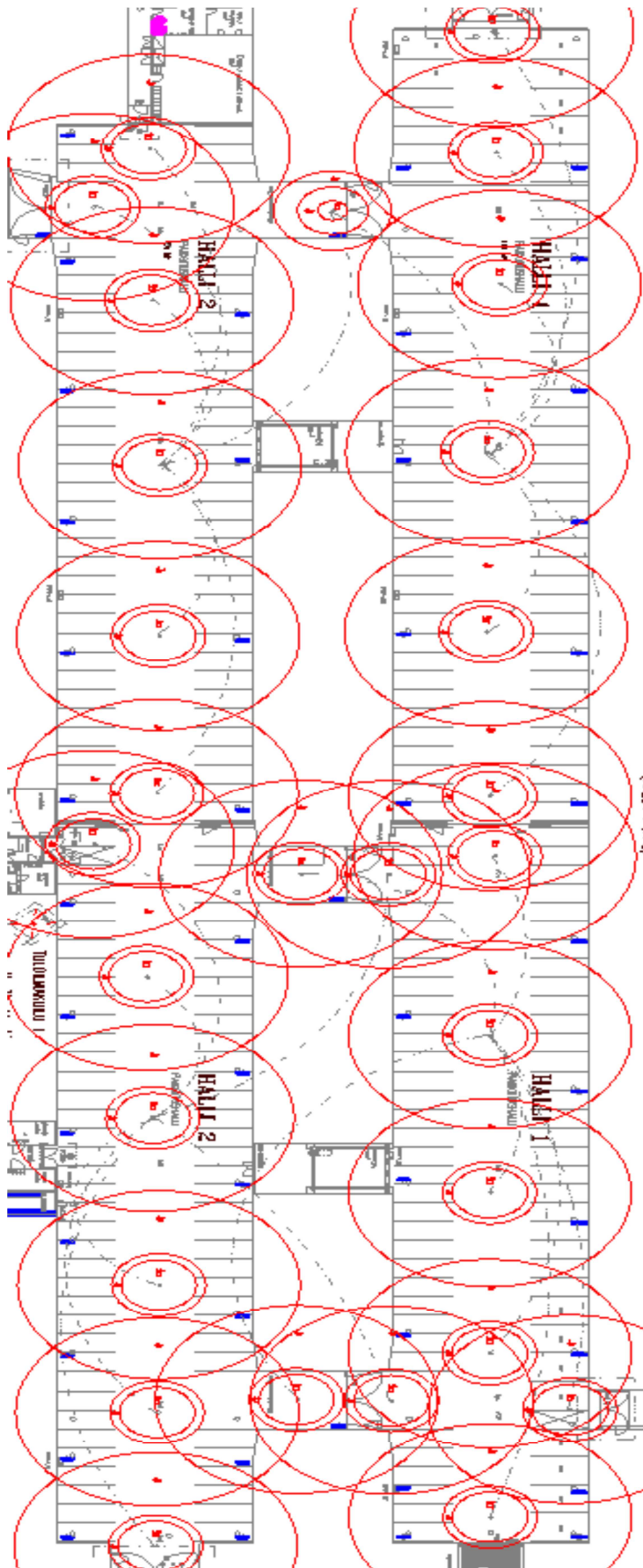
Bytet av lysrörsarmaturer till LED-armaturer i parkeringshallen var alltså lönsamt, både energi- och kostnadsmässigt.

## KÄLLOR

- /1/ [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2014/popular-physicsprize2014.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/popular-physicsprize2014.pdf)
- /2/ <http://ecmweb.com/content/digital-dimming-dali>
- /3/ [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16820/Iso-Heiniemi\\_Marko.pdf](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16820/Iso-Heiniemi_Marko.pdf)
- /4/ <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/-1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>
- 5/ <http://www.limic.fi/html/faq.htm>
- /6/ <http://ledlights-reviews.com/led-lighting-evolution>
- /7/ [https://glamox.com/upload/2013/09/26/fi\\_singlepages-2.pdf](https://glamox.com/upload/2013/09/26/fi_singlepages-2.pdf)
- /8/ [http://www.ledinside.com/knowledge/2015/2/the\\_next\\_generation\\_of\\_led\\_filament\\_bulbs](http://www.ledinside.com/knowledge/2015/2/the_next_generation_of_led_filament_bulbs)
- /9/ [http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK\\_Valaistustekniikka.pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf)
- /10/ <http://www.thesimpledollar.com/the-light-bulb-showdown-leds-vs-cfls-vs-incandescent-bulbs-whats-the-best-deal-now-and-in-the-future/>
- /11/ <http://www.usailighting.com/stuff/contentmgr/files/1/163dea09576c4e1aa56f-2385ca1dae96/misc/lowermaintenancewithled.pdf>
- /12/ <https://www.ensto.com/fi/tuotteet/valaistus/asuntovalaisimet/aluno/AL375LED>
- /13/ <http://www.fagerhult.com/fi/Valaistustietoutta/LED/Led-valaisimien-elinika/>
- /14/ <http://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-pakkausmerkinnat/>
- /15/ <https://www.phj.fi/asukkaat/usein-kysytyt-kysymykset/375-energiansaastolamput-ja-loisteputket>
- /16/ <http://www.huhta.fi/>
- /17/ <https://www.sylvania.fi/lamput/led-lamput/item/661-toledo-gls-e27>

/18/ <https://www.tokmanni.fi/halogeenilamppu-53w-240v-e27-3kpl-kirkas/6435200151841/dp?nosto=TOK-search-center>

/19/ <http://www.taloon.com/led-lamput/4688/dg>



VALAISTUSKUSTANNUSTEN VERTAILULASKELMA				
(Perustuu Ruotsin energiaviranomaisten laskentamalliin)				
<b>PROJEKT:</b>	<b>Parkeringshallens belysning</b>			
<b>Förhållanden</b>				
Beräkningsstid	år	1		
Årlig ränta (hundra delar)		0,04		
Årlig energi prisökning förutom inflation (hundra delar)		0,02		
Årlig prisökning för ljuskällor förutom inflation (hundra delar)		0,00		
Antal intervall under kalkyltiden	st	0	0	0
Årlig prisökning för underhållsarbete förutom inflation		0,00		
Antal intervall under kalkyltiden	st	0	0	0
<b>INVESTERINGSKOSTNADER</b>				
<b>Valaisimet</b>				
Armatyrtyp		Gamla armaturerna	Stara Certus	Pacific WT460C
Tillverkare		x	Rexel	Philips
Norgrannare armaturtyp		2x58W	48W/6600lm	52W/6400lm
Mängd	kpl	292	292	307
Enhetspris	eur/st	0	178	304
<b>Armatyrkostnader</b>	eur	0	52 061	93 328
<b>Lampor</b>				
Effekt per armatur, medräknat ballastförluster	W	69	48	52
Mängd / per armatur	st	2	1	1
Enhetspris	eur/st	2	0	0
<b>Lampkostnader totalt</b>	eur	1110	0	0
<b>Installation</b>				
Material och arbetskostnader för armatur	eur	50	54	50
Styrning	eur	0	28534	17128
Andra kostnader	eur	0	0	0
<b>Installationskostnader totalt</b>	eur	14 600	44 302	32 478
<b>INVESTERINGSKOSTNADER TOTALT</b>	eur	<b>15 710</b>	<b>96 363</b>	<b>125 806</b>
<b>ANVÄNDNINGSKOSTNADER</b>				
		Nro 1	Nro 2	Nro 3
<b>Energikostnader</b>				
Installerad effekt, medräknat ballastförluster	W	40 296	14 016	15 964
Brukstid	h/år	8 760	8 760	8 760
Användningsfaktor		1,0	0,5	0,5
Energiförbrukning / år	MWh/år	352,99	61,39	69,92
Elenergi pris	eur/kWh	0,10	0,10	0,10
Energikostnad / år	eur/år	35 299	6 139	6 992
Beräkningsfaktor 1		1,00	1,00	1,00
<b>Energikostnadernas nuvarande värde</b>	eur	<b>35 299</b>	<b>6 139</b>	<b>6 992</b>
<b>Ljuskällans kostnader - medräknat byte</b>				
Ljuskällans livslängd	h	16 000	50 000	50 000
Bytesintervall	år	2	6	6
Utbyteskostnad / st	eur	15	15	15
Beräkningsfaktor 2		0,00	0,00	0,00
<b>Ljuskällans kostnader baserat på nuvarande värde</b>	eur	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Servicekostnader</b>				
Servicekostnader per armatur	eur/st	35	120	153
Brukstid före service	h	20 000	50 000	50 000
Serviceintervall	år	2	6	6
Beräkningsfaktor 3		0,00	0,00	0,00
<b>Servicekostnaderna baserat på nuvarande värde</b>	eur	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Brukskostnader totalt</b>		<b>35 299</b>	<b>6 139</b>	<b>6 992</b>
<b>Totaltkostnad baserat på nuvarande värde</b>	eur	<b>51 009</b>	<b>102 502</b>	<b>132 799</b>