

# STUDIE I EXTERIÖR BELYSNING

MED TILLÄMPNING PÅ BOKENÄS, VOLVOS FRITIDS- OCH KONFERENSBY



Examensarbete av Maria Carlsson. Institutionen för stad och land, SLU Ultuna.  
Examinatorer Marianne Lind och Rolf Johansson.Handledare Klas Eckerberg.



## Sammanfattning

För att skapa en bra belysningsdesign krävs bland annat att man har goda kunskaper om olika ljuskällor, vilket typ av ljus de ger och i vilka situationer de lämpar sig bäst.

I detta examensarbete redovisar jag olika lamptyper samt redogör för hur ljus sprids genom utformning av armaturer, reflektorer, filter och så vidare. Jag tar upp hur våra ögon registrerar strålning samt samband mellan belysning och hur den får oss att uppfatta rummet. Vidare behandlas det artificiella ljusets inverkan på levande organismer och miljön.

Efter de teoretiska studierna redogör jag för studiebesök där jag tittat på hur olika ljuskällor och armaturer fungerar i befintliga anläggningar. Besöken har också fungerat som inspiration till mitt eget belysningsförslag för Bokenäs.

Bokenäs är Volvos fritids- och konferensby som ligger på västkusten nära Lysekil. Anläggningen har byggts om och byggts ut några gånger och här finns en del äldre bebyggelse bevarad. Den äldsta byggnaden i området är från 1926 och i den bodde konstnären Ole Kruse. Krusegården, som byggnaden kallas, skiljer sig i stil och färgsättning från anläggningens övriga byggnader.

Inför mitt belysningsförslag har jag gjort en analys av området där jag bland annat uppmärksammar kvalitéer, stråk och utsikter. Jag har även gjort en analys av områdets befintliga belysning för att se vad som är bra respektive dåligt med den. Efter slutsatser från analyserna ger jag ett idéförslag som ligger till grund för min probbelysning, vilken genomförs i full skala med hjälp av lånade armaturer. Resultaten av probbelysningen revideras sedan till ett belysningsprogram för Bokenäs.

Slutligen reflekterar jag över resultatet av mitt belysningsprogram. Jag diskuterar vidare min personliga behållning av detta examensarbete samt belysningens roll i den offentliga miljön.

## Abstract

When creating a good lighting design it is crucial to know how different types of lamps work. Knowing what kind of light they emit and in which situations they work well is also very important.

In this master thesis I present different types of lamps and give an account of how light is spread through the different shapes of luminaires, reflectors, filters and so on. I write about how our eyes register radiation and connections between lighting and how it makes us experience space. Furthermore I deal with the effect of artificial light on living organisms and the environment.

After the theoretical studies I deal with the places I have visited to study how different lamps and luminaires work and look like in existing lighting designs. These visits have also been inspirational to my lighting proposal for Bokenäs.

Bokenäs is Volvo's resort and conference center which is situated on the Swedish west coast. The establishment has been rebuilt and extended a few times and some older structures remain in the area today. The oldest building is from 1926 and the artist Ole Kruse lived in it. This building, called Krusegården, differs in style and in colour from the rest of the buildings in the area.

Preceding my lighting proposal I made an analysis of the area in order to observe different qualities, passages and viewpoints. I also made an analysis of the existing lighting in the area to see its good and bad qualities. Conclusions from the analyses help me to come up with an idea for the lighting of the area. This idea is the base for my lighting mock-up, which I do in full scale with borrowed luminaires. The results of this mock-up is later revised into a lighting programme for Bokenäs.

In the end of the thesis I reflect on the result of my lighting programme. I also discuss my personal gain of writing this thesis and the role of artificial lighting in public spaces.



# Innehållsförteckning

Inledning	6	Ljusreglering	26
Tack	6	Kontrollsystem	26
Bakgrund	7	Spridning av ljuset	28
Syfte	7	Armaturer	28
Mål	7	Fiberoptik	28
Avgränsning	7	Reflektorer och bländskydd	30
Metod	7	Filter	30
Målgrupp	7	Ögat och ljus	31
Belysningstekniska termer	11	Ljus och rumslighet	31
Effekt	11	Belysning och miljö	32
Ljusflöde	11	Belysning och energiåtgång	32
Ljusutbyte	11	Miljöfarliga ämnen	32
Belysningsstyrka	11	Inverkan på växter och djur	32
Ljusstyrka	11	Light pollution	32
Luminans	11	Kostnad och underhåll	33
Spridningsvinkel	11	Studieobjekt	37
Färgtemperatur	11	Nääs slott	37
Färgåtergivning	11	Hjalmar Brantingsplatsen	38
Livslängd	11	Norra älvstranden / Navet	39
Ljuskällor	12	Hasselbladshuset	41
1. Glödtrådslampor	12	Gullmarsstrand hotell och konferens	42
Glödlampor	12	Vinterviken	44
Halogenlampor	13	Ljussättning i praktiken	49
2. Lågtryckslampor med lyspulver	13	Bokenäs	49
Lysrör	13	Verksamhet idag	49
Kompaktlysrör	15	Miljöprofil	50
3. Urladdningslampor	15	Analys - plan	51
Natriumlampor	15	Analys av området	53
Kvicksilverlampor	17	Slutsatser av analysen	55
Metallhalogenlampor	19	Analys av belysningen på Bokenäs - plan	57
Kompakta högtryckslampor	19	Analys av belysningen idag	59
Andra Ljuskällor	20	Slutsatser av belysningsanalysen	61
Induktionslampor	20	Idéförslag till ny belysning	62
Lysdioder, LED	21	Provbelysningen	66
Jämförelse av ljuskällor	24	Utförandet	66
Förkopplingsdon	26	Slutsatser av provbelysningen	70
		Revidering	71
		Plan över belysningsprogram	73
		Kontrollsystem	75
		Installation	75
		Reflektion över belysningsförslaget	75
		Slutdiskussion	76
		Källförteckning	78
		Bilaga	81

## Inledning

Detta är ett examensarbete i landskapsarkitektur med inriktning på exteriör belysning. Jag har under de senaste två åren blivit alltmer intresserad av hur de miljöer vi landskapsarkitekter skapar ser ut och fungerar efter solens nedgång. Vi vistas ju trots allt ute i mörker under en stor del av året. Belysningskunskap är något jag saknat i utbildningen på SLU och jag har därför sökt mig till andra skolor för att komplettera med denna kunskap. Här har man dock inte enbart varit fokuserad på belysning av utomhusmiljöer, vilket har lett mig till att vilja fördjupa mig ytterligare och skriva ett examensarbete i ämnet.

## Tack

Jag vill främst tacka min familj och min sambo som har ställt upp och hjälpt mig med provbelysning och studiebesök och som dessutom ställer upp och stöttar mig i alla situationer. Med er hjälp går allt så oerhört mycket lättare.

Jag vill tacka Kjell Karnerfors på Thorn, Hans Thorin på Philips samt Jerry Tikka, Jan Gradner och Bernt Ferm på Marelco Vinga, samtliga i Göteborg, för lån av armaturer till min provbelysning. Tack också för hjälp och tips vid urvalet av armaturerna.

Tack till Lars Eric Fält och personalen på Bokenäs för att vi fick sova och äta gott under provbelysningshelgen. Tack för underlag och information om Bokenäs samt all praktisk hjälp i samband med provbelysningen.

Tack Klas Eckerberg för din handledning och goda tips i skrivande och textredigering.

## Bakgrund

På Volvos fritids- och konferensby Bokenäs vill man upprätta ett belysningsprogram. Konferensbyns anläggningar är spridda över ett relativt stort område och belysningen skall verka sammankopplande av dessa delar.

## Syfte

I detta examensarbete gör jag ett belysningsprogram åt Bokenäs. Jag ser området som en helhet och försöker knyta samman det med hjälp av ljus. Jag lär mig mer om olika lampor för utomhusbruk samt hur de kan användas för att skapa olika karaktärer i rummet.

## Mål

Målet för examensarbetet är att jag lär mig olika lampors funktioner och karaktärer, att jag studerar fenomen som hör samman med ljus, såsom rumsbildning, ljusets påverkan på levande organismer och miljön med mera. Jag redovisar också hur jag skaffar inspiration genom studiebesök och analyser av redan belysta platser. Sedan kopplas denna teoretiska kunskap till gestaltningen av mitt belysningsprogram.

Provbelysningar i full skala utförs så långt det är möjligt. Resultaten av provbelysningarna bearbetar jag till ett förslag i text och bild där jag även redogör för de armaturer och lampor jag använt. En viktig del i arbetet är förståelsen av skillnaden, om en sådan förekommer, mellan mitt teoretiska belysningsförslag och hur det faktiska resultatet blev.

Slutligen bearbetar jag resultaten av mitt arbete och ger förslag till eventuella ändringar. Redovisning sker i en rapport med text och bild där jag behandlar processen och kritiserar mitt tillvägagångssätt samt resultatet av arbetet.

## Avgränsning

Arbetet utförs under 20 veckor. Det tar plats i Stockholmsområdet där studiebesök, teoretiska studier, idéförslag samt slutlig bearbetning genomförs. Jag befinner mig även på Bokenäs vid västkusten för analys av plats och utförande av provbelysning. En del studiebesök görs också i denna del av landet.

Jag gör en områdesavgränsning för mitt arbete i Bokenäs, vilken jag visar på en plan över området.

Tematiskt uppehåller jag mig främst vid att studera olika ljuskällor och i vilka miljöer de lämpligen används. Jag studerar inte armaturer mer ingående än att de jag väljer ger den ljusbild jag önskar och passar in i miljön. Den litteratur som studeras kommer därför att vara inriktad på främst ljuskällor, men också litteratur som inspiration till själva gestaltningen.

## Metod

Min metod är att kombinera teoretiska studier med praktiska för att få en större kunskap om olika lampors och armaturers användningsområden. Inför studiebesök upprättas en checklista med olika aspekter att studera vid respektive anläggning. Se checklista i bilaga sidan 80.

Jag läser lämplig litteratur, bland annat om ljuskällor, om gestaltning med ljus samt om ljusets påverkan på levande organismer och miljön.

I min analys av Bokenäs använder jag mig av Kevin Lynchs metod för att uppmärksamma bland annat viktiga stråk, landmärken och utsikter. I analysen av Bokenäs befintliga belysning utgår jag från de teoretiska och praktiska kunskaper jag inhämtar från litteratur och studiebesök.

Jag försöker skaffa sponsorer av lampustrutning så att jag kan utföra provbelysningar i full skala på plats i Bokenäs. På så sätt blir det enklare att jämföra min teoretiska ljusplanering med det faktiska resultatet och jag lär mig mer om ljusets egenskaper genom att själv arbeta praktiskt med det.

## Målgrupp

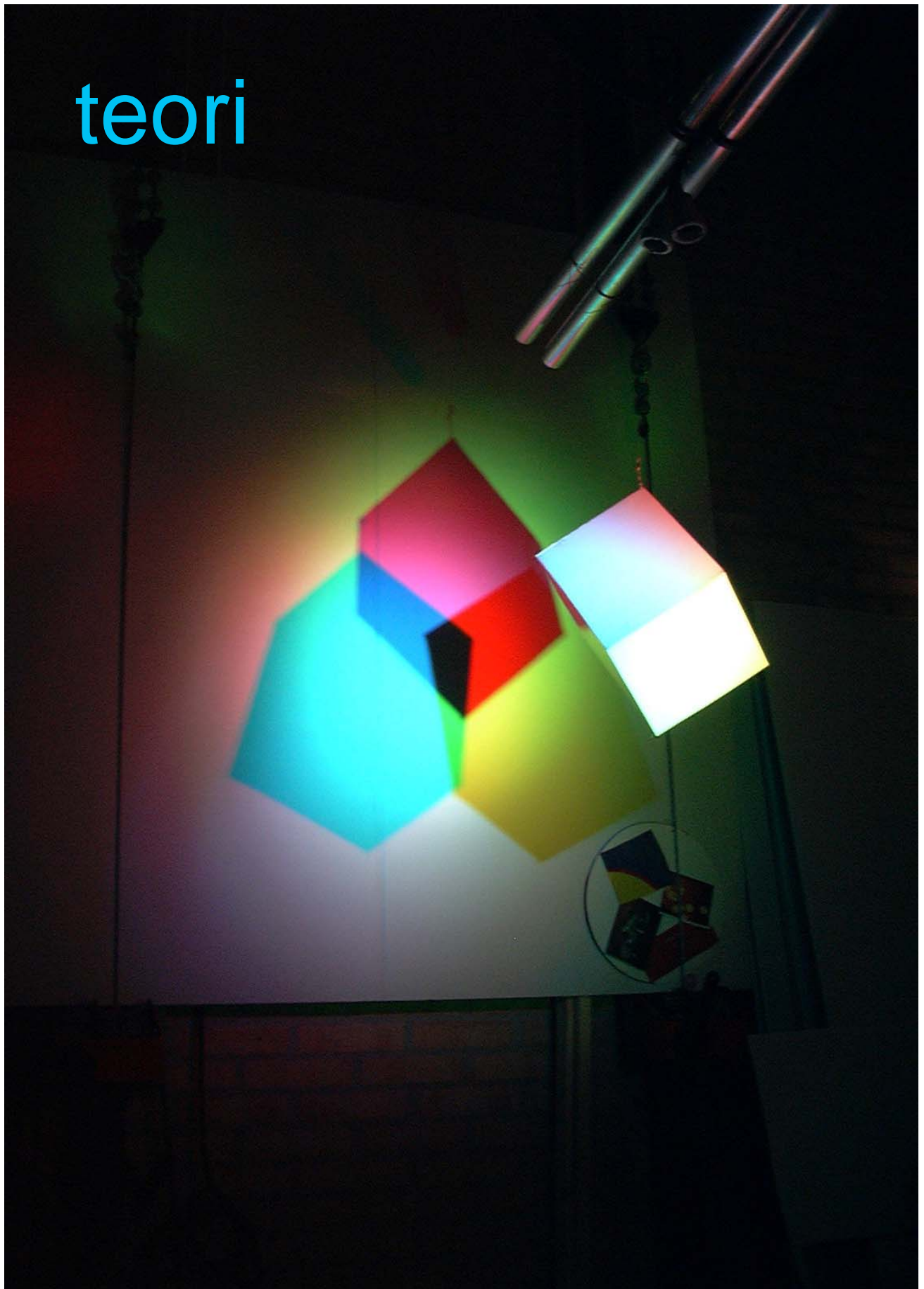
Målgruppen för mitt examensarbete är andra landskapsarkitekter och ljusdesigners som är intresserade av utomhusbelysning. Redovisning sker genom en rapport i text och bild samt en muntlig presentation av arbetet.

En andra målgrupp är personal och gäster på Bokenäs. Redovisning här sker dels genom att de har möjlighet att se resultaten av provbelysningarna på plats och dels genom en rapport i text och bild. Denna rapport är dock något kortare och mer inriktad på mitt arbete i Bokenäs än på de studier som hjälpte mig fram till belysningsprogramförslaget.





teori





## Belysningstekniska termer

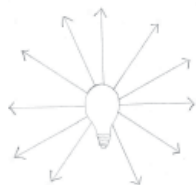
För att förstå sammanhangen inom belysning behöver man känna till en del termer. Jag tar endast kortfattat upp och förklarar dessa termer här.

### Effekt (P watt, W)

Effekten är ett mått på hur mycket energi en ljuskälla använder och hur starkt den lyser.

### Ljusflöde ( $\Phi$ lumen, lm)

Ljusflödet anger hur stor ljuseffekt en ljuskälla har och är en definition på hur bra ljuskällan fungerar.



Ljusflödet anger hur mycket ljus som sprids från ljuskällan.

### Ljusutbyte (lm/W)

Ljusutbytet talar om hur väl ljuskällan omvandlar effekten, det vill säga hur stort ljusflöde man får ut per watt.

### Belysningsstyrka (E lux, lm/m<sup>2</sup>)

Belysningsstyrkan eller illuminansen är ett mått på hur mycket ljus som träffar en specifik yta.



Förklarande bilder för illuminansen, ljusstyrka och luminans.

### Ljusstyrka (I candela, cd)

Ljusstyrkan är ett mått på hur starkt ljuset är i en viss riktning. Måttet var från början baserat på ljusstyrkan hos ett stearinljus. Sedan ändrades definitionen av candela till "ljusstyrkan i en given riktning från en källa som utsänder monokromatisk strålning med frekvensen  $5,40 \cdot 10^{14}$  hertz och vars strålningsstyrka i denna riktning är  $1/683$  watt per steradian". (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Candela>) Ur definitionen på candela har man sedan kunnat härleda lux och lumen.

Hos reflektorlampor anger man ljusstyrkan istället för ljusflödet.

### Luminans (L cd/m<sup>2</sup>)

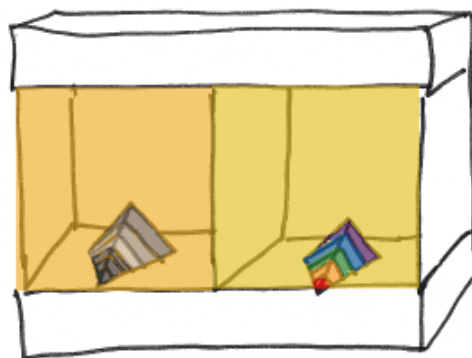
Luminansen anger hur ljus en yta upplevs då den träffas av ljuset från en lampa. Luminansen är beroende av lampans ljusstyrka samt ytmaterialets reflektans.

### Spridningsvinkel (grader, °)

Spridningsvinkeln brukar anges för ljuskällor med reflektor. Det är det område inom vilket ljusstyrkan är minst 50 % av maxvärdet.

### Färgtemperatur (K Kelvin)

Färgtemperaturen är ett mått på värmen av det ljus en lampa avger. Ju högre färgtemperatur desto kallare, mer blåaktigt blir ljuset. Exempel på kallt ljus är dagsljuset, med en temperatur runt 5000 K. Ett varmt gulaktigt ljus får man av glödlampor, vilka har en färgtemperatur kring 2700 K.



Skissen visar hur olika färger kan återges beroende av vilken typ av lampa man använder.

### Färgåtergivning (Ra-index)

Färgåtergivningen är ett index på hur verklighetstroget färger återges i ljuset av en lampa. God färgåtergivning ger ett Ra-index nära 100, medan ett Ra-index under 80 anses ganska dåligt.

### Livslängd (timmar, h)

En ljuskälla med lång livslängd behöver inte vara den bästa. Effektiviteten, ljusutbytet, på en sådan lampa kan till exempel vara så pass dålig att driftskostnaden istället blir för stor. Den bästa driftskostnaden fås då totalkostnaden för hela driften är lägst. Vid planering brukar man använda termen "service life". Service life anger antalet drifttimmar då 80 % av det ursprungliga ljuset återstår. Här ingår både lampbortfall och nedgång i ljusstyrka.

Medellivslängd är ett annat mått på ljusanläggningar. Med medellivslängd menas den tidpunkt då 50 % av lamporna bortfallit.

## Ljuskällor

Ljuskällorna kan delas in i tre grupper:

1. Ljuskällor som alstrar ljus genom excitering av en glödtråd.
2. Lågtrycksljuskällor som innehåller lyspulver.
3. Ljuskällor som ger ljus genom att det sker en urladdning av en gas inne i lampkolven. Olika gaser ger sedan olika färg på ljuset.  
(Renström & Håkansson, 2004)

### 1. Glödtrådslampor

I glödtrådslampor sker ljusalstringen genom excitering av filamentet eller glödtråden.

#### Glödlampor

Glödlampan uppfanns av engelsmannen Sir Joseph Swan 1878 och amerikanen Thomas Edison 1879. (<http://science.howstuffworks.com/light-bulb.htm>) Det är kanske främst Thomas Edison som blivit känd för sin uppfinning då hans variant var sockelförsedd och också blev den som vi praktiskt taget använder oss av idag. Uppfinningen av glödlampan ses som ett stort genombrott eftersom den var den första formen av elektrisk belysning. En del anser dock att det var uppfinningen av lysröret på femtiotalet som var det verkliga genombrottet. Med lysrören kunde man ersätta dagsljuset vilket bland annat möjliggjorde nattskift på fabriker och därmed en kraftigt utökad industri.

I glödlampans sockel finns två metallkontakter som kopplas till elektricitet. Metallkontakterna är i sin tur kopplade till filamentet som består av metallen volfram. Allt är inkapslat i en glasbehållare som oftast innehåller ädelgasen argon.  
(<http://science.howstuffworks.com/light-bulb2.htm>)

Då ström tillsätts rör sig elektroner genom filamentet. Här krockar de med volframatomer och krockarna exciterar volframatomernas elektroner. När elektronerna faller tillbaka till sin ursprungsplats i atomerna utgår överskottsenergin i form av fotoner. De flesta metallers atomer avger fotoner i form av infraröd strålning, det vill säga strålning som vi människor inte kan se.  
(<http://science.howstuffworks.com/light-bulb2.htm>)

För att strålningen ska bli synlig krävs mer tillsatt energi, så att metallelektronerna exciteras till en högre energinivå. Fotonerna som då avges har därmed mer

energi, och blir således synlig strålning. För att uppnå en högre energinivå behövs varmare miljö kring filamentet, vilket i sin tur medför att glödtråden måste inneslutas i en liten glasbehållare. Vid såpass höga temperaturer förbränns dock metalltråden, speciellt i kontakt med syre. Från en början togs allt syre ur behållaren och tråden befann sig i vakuum.  
(<http://science.howstuffworks.com/light-bulb3.htm>)

Det finns ett problem även med detta och det är att atomerna i volframtråden evaporeras och samlas på glasets insida. Dels försämras ljuset genom att glasets svärtas och dels fortgår förbränningen av tråden även i vakuum eftersom en liten del syre ännu finns i kolven. Därför tillsätts en ädelgas till glasbehållaren. Här kan de evaporerade atomerna ha tur och krocka med en argonatom. Argonet reagerar dock inte med volframet, vilket istället studsar tillbaka och åter kan fastna på filamentet. På det här sättet håller glödtråden lite längre.

Det kanske främsta problemet med glödlampan är att den trots allt inte är energieffektiv. Endast fem procent av strålningen som sänds ut är synligt ljus. Resten är infraröd strålning, eller vad vi uppfattar som värme. En glödlampa vid normalt bruk håller cirka 1000 timmar. Den är dock mycket billig och används främst i bostäder där man inte har problem att byta lampor och så vidare. Glödlampan har dessutom ett mycket brett ljusspektrum och ger således ett behagligt ljus med god färgåtergivning.  
(<http://science.howstuffworks.com/light-bulb.htm>)



Den gamla bankens fönster och entré belystes med glödljus i linjära armaturer under Oskarshamn i ljus 2005.

## Halogenlampor

Halogenlampan skiljer sig från en vanlig glödlampa i det att det sker en regenererande process av dess glödtråd. (Starby, 2003) Här har man tillsatt en halogen till gasen i kolven. När elektroner exciteras från volframtråden ingår halogenen i föreningar med de positivt laddade volframpartiklarna. Dessa föreningar kommer förr eller senare i närheten av den varma glödtråden igen, löses upp och volframpartiklarna återgår till tråden. Om partiklarna hamnade på samma ställen som de kom från skulle tråden hålla för evigt, men det gör de tyvärr inte.

För att den regenererande processen ska ske krävs en temperatur på cirka 260 °C, för att bibehålla denna temperatur måste kolven vara liten och detta ställer i sin tur krav på glasets kvalitet. Kolvar till halogenlampor tillverkas därför av kvarts- eller hårdglas. (Starby, 2003)

Kalljusreflektor är en typ av halogenglödlampa. Denna är konstruerad så att den reflekterar och förstärker ljusalstrande våglängder av strålningen, medan värmealstrande våglängder reflekteras så att de elimineras. (Starby, 2003)

Ännu ett reflektorsystem är uppfunnet för att minska värmeförlusterna. Det kallas IRC, Infra Red Coating, och fungerar på ett sådant sätt att kolven förses med ett skikt som reflekterar infraröd strålning eller värme tillbaka till glödtråden. Värmeförlusten minskar medan ljusutbytet ökar. (Starby, 2003)

Halogenglödlampan används främst som ersättare för den vanliga glödlampan. Fördelarna med halogenglödlampan är att den har längre livslängd än en glödlampa, har ett högre ljusutbyte samt ett vitare ljus. Ljustemperaturen är cirka 3000 K. Nackdelarna är att lampan har en hög värmeutveckling samt att den alstrar UV-strålning, vilken har en blekande effekt. (Renström & Håkansson, 2004) Numer finns dock ett filter, kallat UV-skydd, som tar bort den farliga UV-strålningen. (Starby, 2003)

Halogenglödlampan används ofta som strålkastare i bostäder, butiker, receptioner och så vidare. Den används också utomhus som strålkastare för till exempel fasadbelysning eller som arbetsbelysning.

## 2. Lågtryckslampor med lyspulver

Gemensamt för lågtryckslamporna är att samtliga alstrar osynlig strålning. För att göra strålningen synlig tillsätts olika sammansättningar av lyspulver.

### Lysrör

Lysröret är en lågtryckslampa som alstrar ljus genom kvicksilver. Kvicksilveratomerna sänder ut fotoner i våglängderna 185,0 och 253,7 nanometer (Starby, 2003). Eftersom människor inte kan se ljus i UV-spektrat tillsätts fosforeserande lyspulver. UV-strålningen från kvicksilvret exciterar i sin tur elektroner i lyspulvrets atomer. Detta kallas flourescens. De fotoner som nu sänds ut har lägre energi och strålningen hamnar i det synliga och i det infraröda spektrat. Andelen IR-strålning är dock ej så hög som hos en glödlampa och ett normalt lysrör är därför 4-6 gånger så effektivt som en vanlig glödlampa. (<http://home.howstuffworks.com/fluorescent-lamp.htm>)

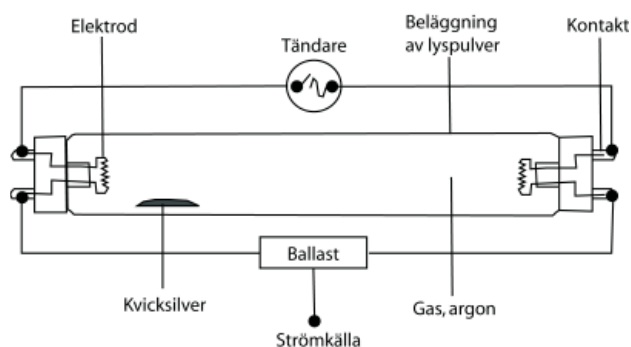


Nyebroen belystes med filterförsedda lysrör under Ljus i Alingsås 2004.

I lyspulvret finns även kristaller som avger ljus utan att bli bestrålade. Detta kallas fosforescens. Båda dessa typer av luminiscens är viktiga, flourescens eftersom det annars inte skulle bli något synligt ljus och fosforescens eftersom spänningens frekvens gör att lampan hela tiden tänds och släcks. (Starby, 2003) Hade inte fosforeserande kristaller funnits i lyspulvret skulle blinkningar och flimmer uppstå. I de modernare, högfrekventa lysrören är detta dock inget problem då växlingarna sker för snabbt för vårt öga att uppfatta.

Lysröret är fyllt med en gas, oftast argon eller krypton, som behövs för att tända det. Gasen används också för att hålla rätt tryck i röret så att ljusalstringen sker på det mest energieffektiva sättet.

Trycket bestäms av den omgivande temperaturen och man brukar därför benämna den lägsta temperaturen i röret. Trycket ska ligga på 0,8 Pascal och det uppnås vid en lägsta temperatur på 40 °C, vilket motsvarar ca 20-25 °C utanför röret. Vid en för låg temperatur i röret finns inte tillräckligt många kvicksilveratomer tillgängliga för att alstra ljus. Vid för hög temperatur sker absorption inne i röret och man förlorar då ljus. (Starby, 2003)

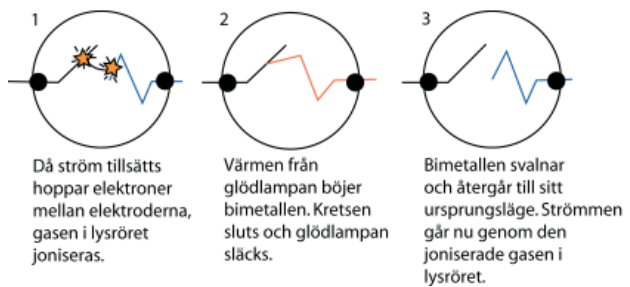


Lysrörets konstruktion.

För att starta ljusalstringen i lysröret krävs många fria elektroner och joner i gasen samt en spänning över de två ändarna. Detta är inte så lätt att åstadkomma och lysröret måste därför förses med en tändare.

Då ström tillsätts tar den vägen där det är minst motstånd, det vill säga genom de båda filamenten till tändaren. Det finns många typer av tändare, en typ kallas för glimtändare. (Starby, 2003)

Glimtändaren består av en liten glödlampa samt två elektroder av vilka den ena elektroden är försedd med en bimetalbit. När strömmen når elektroderna bildas en urladdning, elektronerna hoppar mellan elektroderna och den lilla glödlampan tänds. Värmen som genereras från glödlampan får bimetalen att böjas och till slut kopplas ihop med den andra elektroden. Nu sluts kretsen, lampan släcks, bimetalen kyls av och kopplas bort från elektroden.



Glimtändarens funktion.

Vid det här laget har filamenten i lysröret joniserat gasen och nu krävs bara en spänningskick över elektroderna i röret för att upprätthålla strömmen. Denna kick fås genom ballasten. En konventionell magnetisk ballast består i princip av en spole där ett magnetfält uppstår då ström passerar. Magnetfältet reducerar strömmens hastighet i kretsen, men tar inte bort den. Så länge bimetalen i tändaren är öppen "laddas" ballasten, men så fort kretsen i tändaren sluts tas strömmen bort från ballasten och magnetfältet kollapsar. Plötsligt är impedansen borta och en stor andel ström frigörs, tillräckligt för att bibehålla strömmen genom lysröret. (<http://home.howstuffworks.com/fluorescent-lamp.htm>)

Halva mängden ström går nu genom lysröret och halva genom tändaren (eftersom de är parallellkopplade). Denna mängd ström är inte tillräcklig för att aktivera tändaren igen, så strömöverföringen i lysrörets gas upprätthålls och vi ser ljus. (Starby, 2003)

De nyare lysrören, T5 med en diameter på 16 mm, är både mindre och mer effektiva än äldre varianter. De drivs med högfrekvent, elektronisk ballast. Det finns också ännu smalare rör, T1 och T2, 3 respektive 6 mm i diameter.

Elektronisk ballast medför bland annat en högre frekvens. Den 50-periodiga växelspänningen gjorde att ljusalstringen var tvungen att starta om varje halvperiod. Med en frekvens på 10 kHz bibehålls urladdningen vid växlingarna och detta ökar ljusutbytet med cirka 10 %. Andra fördelar med elektronisk ballast är bland andra snabb tändning, inget flimmer, lätt ljusreglering, enklare koppling, kan drivas på likström, hög effektfaktor, längre lamplivslängd, inget brum, minskad energi-användning med mera. (Starby, 2003)

Genom att man kan komponera lyspulvret på olika sätt kan man också få flera olika färgtemperaturer. Det finns 2700, 3000, 3500, 4000 och 5000 - 6500 Kelvin att välja mellan.

Lars Starby har i sin bok *En bok om belysning* gjort en tabell över subjektivt intryck av lysrörsfärger. Jag tycker att tabellen visar bra på hur man upplever de olika färgtemperaturerna.

Subjektivt intryck av lysrörsfärger

Färgintryck	Färgtemperatur K	Aktuella lysrörsfärger
Varm (rödaktigt vit)	< 3 300	Varm 2 700 K Varmvit 3 000 K
Vit, neutral	3 300-5 300	Vit 4 000 K
Kall (blåaktigt vit)	>5 300	Dagsljus över 5 000 K

Tabell över hur olika lysrörs färgtemperatur upplevs.

När det kommer till färgåtergivning kan man välja mellan tre olika typer av lysrör: enkelfärgslysror med Ra 50-60, fullfärg med Ra 80-85 och fullfärg special med Ra 95-98. Av dessa lysrör används främst fullfärgslysroren. Fullfärg special används på platser där hög färgåtergivning är av avgörande betydelse.

### Kompaktlysror

Kompaktlysror har blivit extra intressanta eftersom de kan ersätta glödlampan. Detta innebär att energiförbrukningen minskar medan livslängden ökar. Ljuskvaliteten är jämförbar med fullfärgslysroren. (Starby, 2003)

Kompaktljuskällorna delas in i två undergrupper: lysrörslampor och kompaktlysror. Lysrörslamporna har alla komponenter inbyggda och är utrustade med gäng- eller bajonettsockel så att de direkt kan ersätta en glödlampa. Kompaktlysroren är utrustade med en tändare, men måste installeras i armaturer försedda med rätt ballast. Dessa lampor kan dock utrustas med adapters så att även de kan ersätta glödlampor. Lysrörslamporna finns i flera varianter, bland annat en som ser ut som en glödlampa. Det finns också en mycket effektiv typ av kompaktlysroret som i vissa fall kan ersätta högtryckslampor. Den har en effekt på 120 watt samt ett ljusflöde på 9000 lumen. Stora kompaktlysror kan i vissa fall ersätta de vanliga lysroren. De består oftast av två eller fyra rör i samma plan och finns i olika färgtemperaturer: 2700, 3000 och 4000 Kelvin. En fördel med de här lamporna är att de är mindre eller kortare och på så sätt kan förpassas i fler armaturer.

Användningsområden för lysror är kontor, sporthallar, industrier med mera. Kompaktlysror används oftast i offentliga miljöer och där de kan ersätta glödlampor, till exempel utomhus. De används också i kontorslandskap, i affärer och så vidare.



Kompaktlysror i pollare och väggarmatur.

## 3. Urladdningslampor

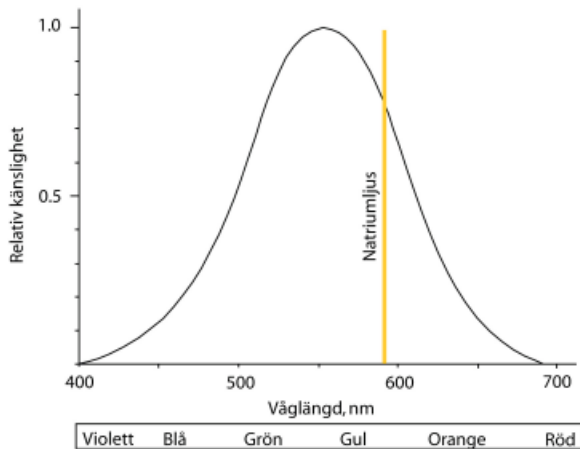
I urladdningslamporna sker ljusalstringen genom urladdning av den gas som finns i lampans kolv.

### Natriumlampor

Det finns olika typer av natriumlampor. Den äldre lågtrycksvarianten (SOX) och högtrycksvarianten (SON), som i vissa fall är en förbättrad lamptyp.

I lampan förångas natrium och vid dennas excitering sänds strålning ut i form av fotoner. Strålning från natriums är mycket speciell eftersom den endast resulterar i två specifika våglängder: 589,0 och 589,6 nanometer. (Starby, 2003) Dessa våglängder ligger inom det för människor synliga spektrat och är dessutom mycket nära det område där våra ögon har mest strålningskänslighet.

Natriumlampan är därför en mycket effektiv ljuskälla även vid låga ljusnivåer vilket är en av anledningarna till att den används som vägbelysning. En annan anledning är att ljuset från natriumlampan inte refrakteras och sprids i fler våglängder vid exempelvis regn eller dimma, vilket annars kunde

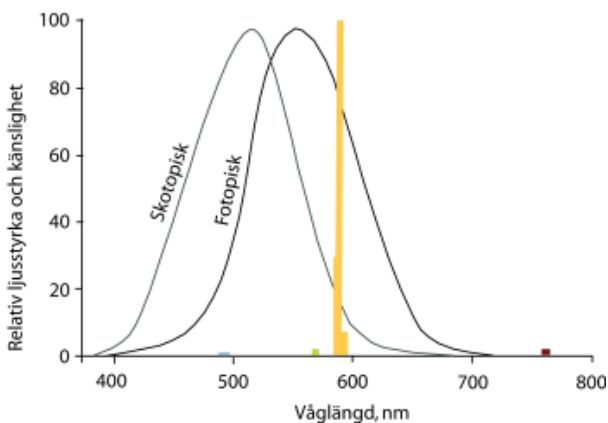


Strålning från natrium ligger inom det område där våra ögon är som mest känsliga. Källa: [www.lamptech.co.uk](http://www.lamptech.co.uk)

ge upphov till irriterande bländning. Vid bländning av natriumlampen återhämtar sig ögat också snabbare eftersom strålningen utgör en så liten del av spektrat.

På senare tid har man dock funnit att ögats ljuskänslighet ändras i mörker då den skotopiska nattsynen tar över och stavarna registrerar den spektrala strålningen. Stavarna är ljuskänsligare, men vi kan inte uppfatta de färger med det skotopiska seendet som vi kan med det fotopiska, då det finns tillräckligt med ljus för att tapparna ska fungera. Om man tänker på svartvita foton, där blått är ljusare än andra färger, är det enkelt att förstå varför det är lättare att urskilja blå strålning i skotopisk (svartvit) syn. Vid vägar som är mycket svagt upplysta har man således kommit fram till att ljuskällor som har större spektral spridning i de blå områdena, exempelvis kvicksilverlampor, är mer effektiva.

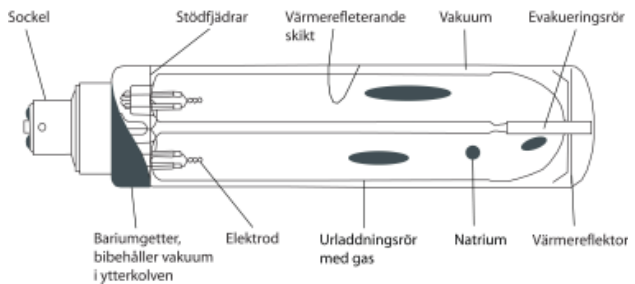
([www.lamptech.co.uk/Documents/SO2%20Spectral.htm](http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO2%20Spectral.htm))



Skillnad i känslighet av spektral fördelning mellan skotopisk och fotopisk syn.

Eftersom lågtrycksnatrium i praktiken är monokromatisk blir färgåtergivning i ljuset från dessa lampor mycket dålig. Detta gör att lampan är olämplig att använda i anläggningar där färgåtergivning och estetiska värden är viktigare än ett högt ljusutbyte. Lågtrycksnatrium är nämligen en av de effektivaste ljuskällorna, med ett ljusutbyte upp till 200 lumen per watt. (Starby, 2003)

Vid rumstemperatur är lampans natrium i fast form. Förångning och urladdning av det kräver en mycket hög spänning. För att kunna tända med en lägre spänning fylls röret med en blandning av neon och argon. Genom ballasten tillsätts en spänningskick stor nog att jonisera ädelgaserna. När man tänder en lågtrycksnatriumlampa ger den först ifrån sig rött ljus, vilket är resultatet av neonurladdningen. Efter en stund har urladdningen smält natriumet och eftersom det är lättare att jonisera natrium än en ädelgas sker urladdningen hädanefter enbart av natriumet. ([www.lamptech.co.uk/Documents/SO3%20Discharge.htm](http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO3%20Discharge.htm))



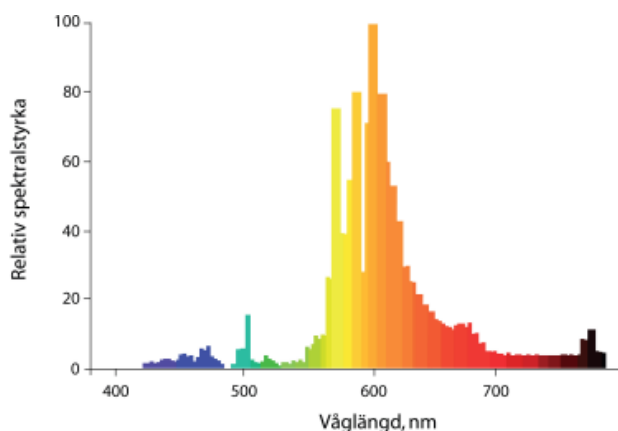
Konstruktion av en natriumlampa.

Ljusutbytet är högre med ett lägre tryck i röret. ([www.lamptech.co.uk/Documents/SO3%20Discharge.htm](http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO3%20Discharge.htm)) Ju färre atomer som natriumjonerna kan krocka med desto bättre, eftersom krockarna tar rörelseenergi från partiklarna, vilken sedan övergår till strålning med lägre energi, det vill säga värme. Trycket är dessutom lågt nog för att lampan ska kunna återtändas direkt efter ett spänningsbortfall. (Starby, 2003) Ett lägre tryck förkortar dock elektrodernas livslängd, då de evaporerar fortare. För att få bukt med detta har man tillsatt ännu en ädelgas till blandningen, xenon. Xenon är tyngre och man behöver således inte tillsätta lika mycket som om man bara ökat andelen av exempelvis neon. Xenon kostar emellertid mycket så lösningen blir relativt dyr. ([www.lamptech.co.uk/Documents/SO3%20Discharge.htm](http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO3%20Discharge.htm))



Högtrycksnatriumlampen (SON) skiljer sig från lågtrycksvarianten genom att ett högre tryck lagts i kolven. Ett högre tryck kräver högre temperatur och länge var problemet att hitta ett material till kolven som kunde motstå sådana höga temperaturer utan att svärtas och därmed förstöra ljusalstringen. Till slut fann man att keramisk aluminiumoxid som gjorts genomskinlig passade för ändamålet. ([www.lampotech.co.uk/SON.htm](http://www.lampotech.co.uk/SON.htm))

För att höja trycket har man i gasblandningen tillsatt xenon och i flera fall kvicksilver, vilka bidrar en del till ljusalstringen och den spektrala fördelningen. (Starby, 2003) Den bredare spektrala fördelningen medför förutom att ljuset blir vitare även att färgåtergivningen blir något bättre än den för lågtrycksnatrium. Det högre trycket gör också, som tidigare påpekats, att elektroderna håller längre och därför har högtrycksnatriumlampen längre livslängd än lågtrycksnatriumlampen. Även högtrycksnatriumlampen har högt ljusutbyte, på upp till 130 lumen per watt. (Starby, 2003)



Spektral fördelning hos en högtrycksnatriumlampa.

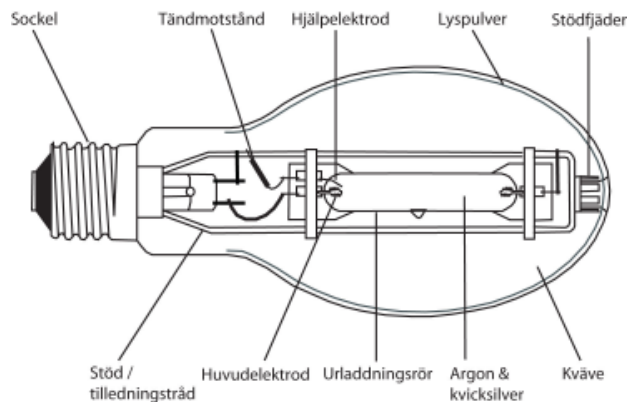
På grund av det höga trycket i kolven krävs en hög spänning för att starta lampan och den är därför försedd med en tändare. En nackdel med högtrycksnatriumlampen är därför att den tar en stund att tända samt att återtända vid spänningsbortfall. (Starby, 2003)

## Kvicksilverlampor

Kvicksilverlamporna är nästan lika gamla som lågtrycksnatriumlamporna och var de första lamporna som massproducerades för belysning av offentliga platser. Utveckling och förbättringar av kvicksilverlampan har gjorts ända fram till år 1980, men nu för tiden används den sällan i nyanläggningar på grund av den relativt dåliga effektiviteten och aningen kalla ljustemperaturen. Den blågröna ljusfärgen har förbättrats till viss del sedan man tillsatt lyspulver i kolven för att öka strålningens rödandel.

([www.lampotech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm](http://www.lampotech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm))

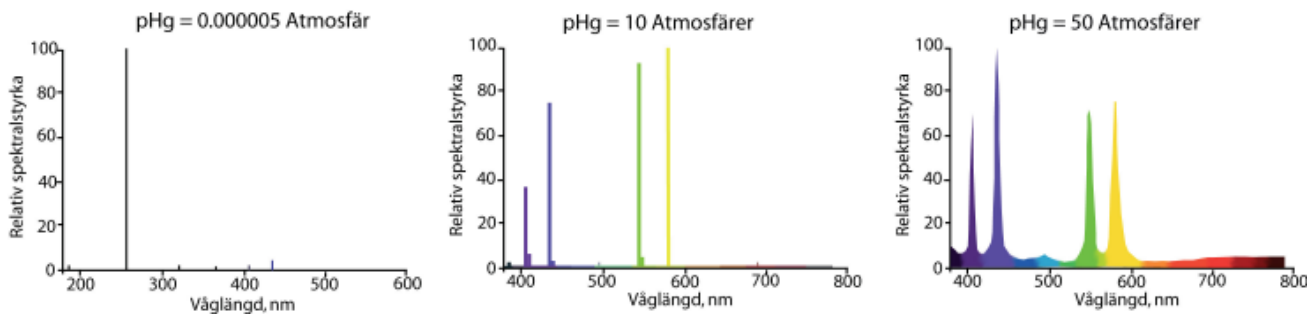
Kvicksilverlampan har ett urladdningsrör av kvarts försedd med volframelektroder på var ände. En gasblandning av argon leder urladdningen medan röret värms upp och kvicksilvret vaporiseras. ([www.lampotech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm](http://www.lampotech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm))



Konstruktion av en kvicksilverlampan.

När ström tillsätts läggs en spänning över de två elektroderna. Denna spänning är inte stor nog för att starta urladdningen. Samma spänning läggs dock över den ena elektroden och en hjälpelktrod vid dess sida. (se bild ovan) Eftersom avståndet mellan de två är kortare än det mellan elektroderna på var sida röret är spänningen hög nog för att starta jonisering av gasen. Då gasen är joniserad, kvicksilvret vaporiserat samt fotoner bildats är det sedan enkelt att få igång urladdningen mellan de två elektroderna på var sida av urladdningsröret.

Urladdning av kvicksilver ger strålning i gröna, gula och violetta våglängder. Där finns även en hel del ultraviolett strålning, som till en början, då man använde sig av kolvar med klart glas, gick förlorad.



Den spektrala fördelningen i en kvicksilverlampa ökar med ett ökat tryck i kolven.

Sedan man utvecklat lampor där kolven belagts med ett lyspulver som omvandlar UV-ljuset till strålning inom främst det röda spektrat, har man dock kunnat få användning av UV-ljuset och samtidigt fått en bättre spektral fördelning. Kvicksilverlampor saknar annars strålning i den röda delen av spektrat och en tillförsel här ger ett vitare och något varmare ljus samt ett ljus med bättre färgåtergivningsegenskaper. ([www.lampotech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm](http://www.lampotech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm))

Också kvicksilverlampans effektivitet ökar med trycket i kolven. När trycket blir tillräckligt högt (5-100 torr\*) börjar urladdningen att koncentreras till rörets mitt och det bildas ett mörkt område mellan urladdningen och rörets väggar. Detta tryck har kommit till att markera gränsen mellan lågtrycks- och högtryckslampor. ([www.lampotech.co.uk/Documents/M2%20Pressure.htm](http://www.lampotech.co.uk/Documents/M2%20Pressure.htm))

Det mörka området fungerar som ett isolerande skikt och som en följd av detta ökar urladdningstemperaturen till cirka 6000 °C. Vid denna temperatur börjar också temperaturstrålning eller glödning av kvicksilverångan. Detta är orsaken till den bredare spektrala fördelningen vid högre tryck i kolven. (se bilder ovan)

De flesta kvicksilverlampor i bruk har ett tryck mellan 4000 och 8000 torr, vilket motsvarar 5-10 atmosfärer. Effektiviteten är då cirka 70 lumen per watt. Höjer man trycket i kolven ytterligare fås både en bättre spektral fördelning samt högre ljusutbyte. Nackdelen är då att mycket energi går ur kolven i form av värme och mycket kostsam och avancerad teknik krävs för bland annat kylning. Ett högre ljusutbyte är alltså inte motiverat i detta fall. ([www.lampotech.co.uk/Documents/M2%20Pressure.htm](http://www.lampotech.co.uk/Documents/M2%20Pressure.htm))

Fördelen med kvicksilverlamporna är att de har en lång medellivslängd. Nackdelar är att ljusutbytet sjunker med tiden och färgåtergivningen försämras. Kvicksilvret är dessutom miljöfarligt. Då lampan släcks tar det upp till fem minuter att återtända den eftersom temperaturen i kolven är för hög vilket i sin tur höjer trycket. Med ett för högt tryck krävs högre spänning än vad som finns tillgängligt för att starta lampan och temperaturen måste således sjunka innan återtändning kan ske. Detta tar cirka fem minuter. (Starby, 2003)

Kvicksilverlamporna används främst för väg- och gatubelysning. Ett användningsområde är industrilokaler med högt tak, där kvicksilverlampans långa livslängd är till fördel underhållsmässigt.



Kvicksilverlampor är vanligt i äldre gatubelysning.

\* torr är en enhet för tryck som används i barometrar. 1 torr = 1 mmHg i barometern. Detta motsvarar 0.133 kPa eller 0.0013 Atm. Källa: <http://sv.wikipedia.org/wiki/MmHg>

## Metallhalogenlampor

Metallhalogenlamporna är i stort sett kvicksilverlampor till vilka man lagt till andra metaller i form av halogenider. (Starby, 2003) Detta gör man främst för att få ett bredare spektrum på strålningen, men även för att effektiviteten ökar då andelen ultraviolett strålning markant sänks.

([www.lampotech.co.uk/MBI%20Quartz.htm](http://www.lampotech.co.uk/MBI%20Quartz.htm))

Metallerna som tillsätts måste vara i form av halogenider (det vill säga kemiska föreningar med halogener) eftersom dessa vaporiseras mycket lättare än de rena metallformerna. Dessutom har de tillsatta metallerna en frätande effekt på kvartskolven, men i förening med halogenerna förblir metallerna i sammansatt form och reagerar då inte gärna med kvartsen.

([www.lampotech.co.uk/MBI%20Quartz.htm](http://www.lampotech.co.uk/MBI%20Quartz.htm))

På grund av strålningens breda spektrum har metallhalogenlampan hög färgåtergivning med ett index upp till 95. Den har också relativt hög effektivitet. Färgtemperaturen är något högre än hos natriumlampan, 3000 – 6500 Kelvin. (Starby, 2003) Metallhalogenlampor är känsliga för spänningsförändringar och kan då detta sker utsända ett grönaktigt ljus. Skillnad i ljusfärg kan också bero på hur gamla lamporna är och vilket brinnläge de har. Har man fler metallhalogenlampor i samma anläggning bör man därför se till att byta ut samtliga vid samma tillfälle samt ha dem i samma brinnläge. ([www.atlaslightingsupply.com/Lamp\\_Tech\\_Info.pdf](http://www.atlaslightingsupply.com/Lamp_Tech_Info.pdf))

Likt kvicksilverlampor tar det en stund att återtända metallhalogenlampor. Detta beror på att lamporna verkar vid en mycket hög temperatur och vid sådana temperaturer blir trycket högt i kolven, såpass högt att temperaturen måste sjunka för att återtändning ska möjliggöras. Sedan måste temperaturen och trycket öka igen för att metallhalogenlampan ska få sin rätta färgtemperatur.

([www.atlaslightingsupply.com/Lamp\\_Tech\\_Info.pdf](http://www.atlaslightingsupply.com/Lamp_Tech_Info.pdf))

Idag används främst metallhalogenlampor med keramisk brännare, se nästa stycke.



Metallhalogenlampor används allt oftare i belysning av stadsmiljön.

## Kompakta högtryckslampor

Utvecklingen av urladdningslamporna har gått ännu längre och idag finns kompakta versioner av högtrycksnatriumlampan och metallhalogenlampan. Dessa lampor brukar kallas Compact HID (High Intensity Discharge). I båda lamptyperna används samma keramiska brännare som beskrivits ovan i stycket om natriumlampor. Det keramiska materialet är mer resistent mot de frätande salterna i urladdningsångorna, vilket möjliggör användande av ett högre tryck och en högre temperatur.

Problemet med keramiska brännare låg i att hitta förslutningar kring filamenten som även de skulle tåla de frätande salterna. 1981 uppfann man vid Thorn Lighting i England den första keramiska brännaren för metallhalogen. Denna kallades TSH-lampan och hade förslutningar som var tillverkade av en blandning mellan ett keramiskt material och en metall. Förslutningarna blev då dels elektriskt ledande och dels kunde de motstå de frätande saltångorna. Vid denna tidpunkt hade man dock inte utvecklat den typ av ballast som skulle behövas för att använda lampan i en större skala.

([www.lampotech.co.uk/MBI%20Ceramic.htm](http://www.lampotech.co.uk/MBI%20Ceramic.htm))

1994 kom Philips med sin CDM-lampa och denna blev den slutliga lösningen på problemet. Här använder man en förslutning gjord på en sammansättning av olika metaller och som ligger en bit ifrån det varma urladdningsröret. Temperaturen

hålls då lägre och filamenten ansätts inte i lika hög grad. Denna lösning används fortfarande i metallhalogenlamporna.

([www.lamptech.co.uk/MBI%20Ceramic.htm](http://www.lamptech.co.uk/MBI%20Ceramic.htm))

Möjligheten med ett högre tryck har medfört att man kan göra till storleken mindre lampor som också kan användas inomhus, ofta i exempelvis butiker. (Starby, 2003) Det ger också ett högre färgåtergivningsindex, livslängden ökar samt färgtemperaturen. För den kompakta högtrycksnatriumlampan ger denna högre färgtemperatur ett ljus som påminner om glödljus.



Kompakta högtrycksnatriumlampor används av misstag istället för metallhalogenlampor med keramisk brännare på Kocksgatan i Stockholm. (Marika Andersson, muntligen)  
Min åsikt är att lamporna passar mycket bra då deras ljus framhäver tegelbyggnadernas röda toner.

## Andra ljuskällor

Utöver de tre grupper av ljuskällor som beskrivits ovan har det på senare tid tillkommit nya typer av lampor. Induktionslampor och LED, Light Emitting Diode, är sådana nyare ljuskällor.

### Induktionslampor

Induktionslampan består av tre delar: en ytterkolv belagd med lyspulver, en antenn för elektromagnetisk induktion och en ballast för strömgenerering.

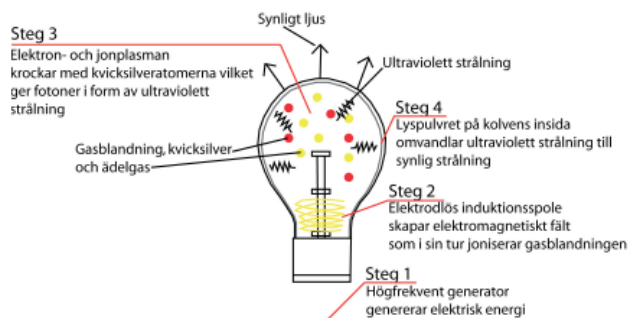


Induktionslampans beståndsdelar.

Med hjälp av elektromagnetisk induktion, transport av energi via magnetism, ([www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf](http://www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf)) skapas ett magnetiskt fält som joniserar gasen, argon, inne i kolven. Den joniserade gasen och de fria elektronerna från induktionen krockar med kvicksilveratomerna. När detta sker exciteras kvicksilvrets elektroner och den strålning som sänds ut i form av fotoner ligger inom det ultravioletta spektrat. Lampan fungerar således likt lysröret och det är på grund av den ultravioletta strålningen som även induktionslampans kolv är belagd med ett lyspulver, så att strålningen omvandlas till synligt ljus. Skillnaden från lysrör är att induktionslampan inte innehåller några elektroder, de delar där andra lampor förbrukas fortast, utan ljusalstringen sker med hjälp av induktionen. Således blir brinntiden mycket lång, ända upp till 100 000 timmar eller 25 år. Det som reglerar lampans livslängd är snarare ballasten, som i dagsläget håller i cirka 60 000 timmar.

([www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf](http://www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf))

Att induktionslampan inte har elektroder ger utöver den långa livslängden den fördelen att den inte är känslig för vibrationer. Lampan har också hög



Ljusalstringen hos en induktionslampa sker helt utan elektroder.

effektivitet, 65-80 lumen per watt. (Starby, 2003) Effektiviteten är direkt proportionell till ballastens frekvens, ju högfrekventare ballast desto högre effektivitet. Ljuset är vitt med en färgtemperatur på cirka 4000 Kelvin och ett färgåtergivningsindex Ra 82. (www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf)

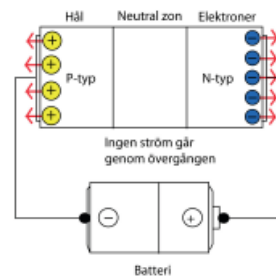
Eftersom urladdningen inte sker på samma sätt som hos högtryckslamporna tänds och återtänds induktionslampan direkt. Detta gör att lamporna är bra att använda där säkerhet är av hög prioritet. Den långa livslängden gör också att lamporna är lämpliga vid höga takhöjder eller där man av annan anledning har svårt att utföra lampbyten. Nackdelar med induktionslampan är att man ännu inte har fått fram varianter med högt wattantal, vilket gör det svårt att använda den utomhus i till exempel gatulampor högre än cirka sex meter. (www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf)

### Lysdioder, LED

LED, eller Light Emitting Diode, är en mycket liten ljuskälla där ljusalstringen sker genom en elektronövergång i en halvledare. En halvledare består av ett ämne som har fyra elektroner i sitt yttersta skal, till exempel kisel eller kol. Dessa ämnen bildar mycket stabila kristaller genom att atomerna binds till varandra med så kallade kovalenta bindningar. Vid bindningen fylls skalen och ämnet vill inte gärna reagera med andra ämnen. Kolet bildar den hårda kristallen diamant medan kisel, mycket använt som halvledare, bildar ett metalliknande material. Kisel i denna form har dock inga fria elektroner som kan leda ström och är således snarare en isolator än en ledare. För att kiset ska bli ledande måste det dopas, det vill säga förorenas med andra ämnen. Detta görs antingen genom tillsats av ett ämne med fem elektroner i det yttersta skalet, vanligen fosfor eller arsenik. Här får man en överflöd av elektron och halvledaren blir således

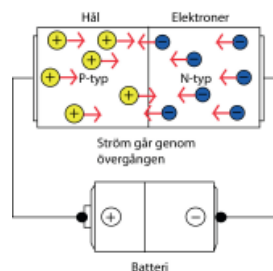
negativt laddad, kallad n-typ. Ett ämne med tre elektroner i det yttersta skalet kan också tillsättas, exempelvis bor eller gallium. Halvledaren blir nu positivt laddad och kallas därför p-typ. I en diod sätts halvledare av n- och p-typ samman. Specifikt för en diod är att den är ledande i en strömriktning, men inte i den andra.

(<http://electronics.howstuffworks.com/led1.htm>)



Då strömmen går åt ena hållet fungerar dioden som en isolator.

Med ström åt ena hållet (se bild ovan) attraheras elektronerna i n-typen till strömkällans anod medan p-typens "hål" går mot katoden. I övergångsområdet reagerar de närliggande jonerna med varandra och ett neutralt eller isolerande skikt uppstår. Ingen ström transporteras nu genom dioden. Om man byter håll på strömkällan (se bild nedan) kommer n-typens elektroner istället att repelleras från den närliggande katoden och söka sig till övergångsområdet. Samma gäller för hålen i p-typen, som på sin sida repelleras från anoden. Fria elektroner möter hål i övergångsområdet och reagerar först med varandra. Allt eftersom spänningen mellan de två elektroderna byggs upp kommer fler och fler laddningar mot övergången. Till slut brister det isolerande skiktet och strömmen går genom halvledaren.



Då strömmen går åt andra hållet blir dioden en halvledare.

De fria elektronerna söker sig konstant till hål. Detta eftersom hålen ligger i ett skikt eller band närmre atomkärnan och därmed befinner sig på en lägre energinivå. När elektronerna faller ner i dessa hål utgår därför överskottsenergin i form av fotoner och vi får spektral strålning eller ljus.

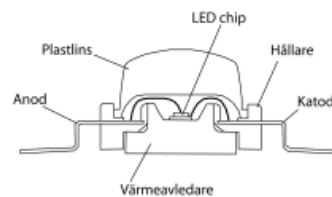
Frekvensen på fotonerna som sänds ut beror på materialet i halvledaren, hur stort dess bandgap är. Ju större bandgap desto högre frekventare blir fotonerna. Kisel sänder ut fotoner i den infraröda delen av spektrat och därför används kisel som halvledare i fjärrkontrollers dioder, men inte i ljusemitterande dioder, LEDs.

LEDs är ofta tillverkade av galliumarsenid eller indiumfosfid, vilka har ett passande bandgap för emittering av synligt ljus. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Halvledare>) Eftersom fotonerna som sänds ut konstant har samma frekvens blir också ljuset monokromatiskt.

Det finns två olika sätt att få vitt ljus med lysdioder. Antingen används RGB-metoden, där tre olika chip (rött, grönt och blått) är inneslutna i samma kapsel. Genom att blanda ljuset från dessa tre får man vitt ljus. Fördelen med denna variant är att vilka färgnyanser som helst kan erhållas genom att blanda ljusstyrkan hos varje chip olika. Nackdelen är att tre chip är dyrare än ett och att de olika chipen har annorlunda åldringsegenskaper, vilket gör att det vita ljuset ändrar karaktär med tiden. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/RGB-lysdioder>)

Det andra alternativet är att använda ett blått chip med fosforoxid tillsatt i kapseln. De osynliga fotonerna fluoresceras av fosfor, liksom situationen i ett lysrör, och ljuset blir synligt. Denna metod ger ett vitt ljus som är jämnare i sin karaktär, samt 4-5 gånger effektivare. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Ljusediod>) En fördel med LED är att de inte har någon glödtråd eller filament som kan gå sönder och därför blir livslängden mycket lång, över 100 000 timmar. Att jämföra med en vanlig glödlampas 1000 timmar eller halogenlampans 10 000 timmar. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Ljusediod>)

Den främsta fördelen är dock effektiviteten. Dagens LED har ett ljusutbyte på 20 %. Resten avgår som värme, vilket kan låta mycket, men jämfört med glödlampans ljusutbyte på cirka 5 % är det mycket bra. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Powerled>)



Konstruktionen av en diod.

Den lilla mängd värme som produceras i en LED utgör dock ett problem eftersom dioden är så liten och värmen måste därför ledas ut på ett effektivt sätt. (Christian Dalberg, muntligen) I högeffektiva LED har man lyckats med detta. Här leder en värmeavledare i botten av dioden (se bild ovan) bort värmen och ökar ljusintensiteten ytterligare. Vid -20 °C emitterar denna diod 20 % mer ljus än vid +20 °C, vilket visar hur känsligt chipet är för värme.


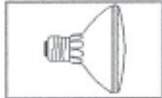

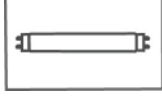
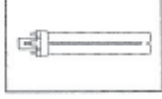


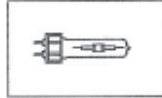


De högeffektiva LED som används för belysning producerar ett ljus på över 200 lumen och med ett färgåtergivningsindex, Ra 75-80. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Powerled>)

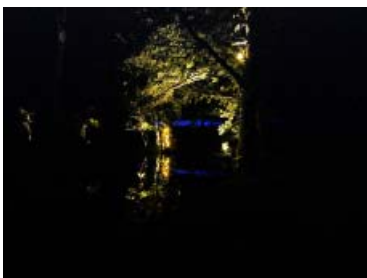
Andra fördelar med lysdioder är att de fungerar med en mycket liten strömtillförsel. De är inte känsliga för stötar och vibrationer eftersom de inte har någon glödtråd. Detta medför också att de avger mycket lite värme, vilket tillåter att ljuskällan placeras mycket nära det som ska belysas utan att brandrisk förekommer. Dioderna innehåller inte heller miljöfarliga ämnen såsom bly och kvicksilver. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Ljusediod>)

Lysdioder finns i gult, grönt, rött, orange (amber), blå, cyan och vit. Vitt finns från varmvit (2650 Kelvin) till kallvit (10 000 Kelvin). Varmvita har ett högre färgåtergivningsindex än kallvita. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Powerled>)



LED går att styra och programmera med hjälp av en dator. Olika mönster och färgkombinationer kan på så sätt åstadkommas.

Ljuskälla	Exempel på utförande	Färgtemperatur	Livslängd
Normalglödlampa		2700K	cirka 1000h
Halogen, nätspänning		cirka 3000K	cirka 2000h
Halogen, lågvolt		cirka 3000K	2000 - 5000h
Lysrör		3000 - 7000K	cirka 17 000h
Kompaktlysror		2700 - 3000K	10 000 - 20 000h
Natriumlampa Låg- och högtrycksnatrium samt högtrycksnatrium med keramisk brännare (bättre värden i tabellen)		2000 - 2550K	8000 - 10 000h
Kvicksilverlampa		3000 - 3300K	cirka 16 000h
Metallhalogenlampa med keramisk brännare		2800 - 4200K	6000 - 12 000h
Induktionslampa		2700 - 4000K	upp till 60 000h
LED		3300K, 6300K och monokromatiska färger	över 100 000h lägre om varma för- hållanden





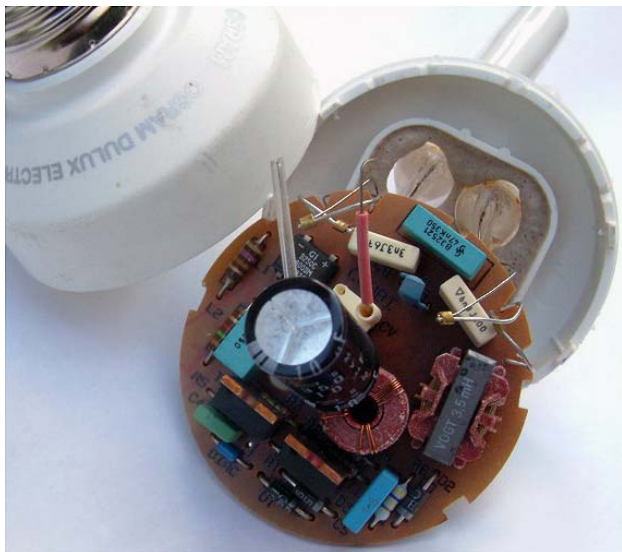
Färgåtergivning	Effekt	Lm/W	Fördelar	Nackdelar
<b>Ra 100</b>	<b>25 - 150W</b>	<b>8 - 15 lm/W</b>	mycket bra färgåtergivning	låg effektivitet
<b>Ra 100</b>	<b>25 - 500W</b>	<b>14 - 19 lm/W</b>	mycket bra färgåtergivning, punktkälla som gör ljuset lätt att rikta och fokusera	hög värmeutveckling, alstrar UV-strålning men UV-stopp finns
<b>Ra 100</b>	<b>5 - 100W</b>	<b>12 - 26 lm/W</b>	mycket bra färgåtergivning, punktkälla som gör ljuset lätt att rikta och fokusera	hög värmeutveckling, alstrar UV-strålning men UV-stopp finns, transformatorn tar plats
<b>Ra 85</b>	<b>14 - 80W</b>	<b>75 - 104 lm/W</b>	högt ljusutbyte, stort urval färgtemperaturer, tänds direkt	går ej att rikta/fokusera
<b>Ra 85</b>	<b>5 - 120W</b>	<b>50 - 88 lm/W</b>	högt ljusutbyte, stort urval färgtemperaturer, tänds direkt, kompakt form passar i fler armaturer	går ej att rikta/fokusera, lägre ljusutbyte än lysrör
<b>20 &lt; Ra &lt; 83</b> lågtrycksnatrium är monokromatisk	<b>35 - 100W</b>	<b>37 - 100 lm/W</b>	högt ljusutbyte, lång livslängd	dålig färgåtergivning, tar en stund att tända, innehåller kvicksilver
<b>Ra 55 - 60</b>	<b>50 - 125W</b>	<b>32 - 52 lm/W</b>	lång livslängd	ljusutbytet sjunker med tiden och färgåtergivningen försämras, kvicksilver är miljöfarligt, tar en stund att tända
<b>78 &lt; Ra &lt; 96</b>	<b>35 - 400W</b>	<b>63 - 100 lm/W</b>	hög färgåtergivning för såpass högt ljusutbyte	känslig för spänningsförändringar, utan elektroniskt förkopplingsdon tar det en stund att tända
<b>Ra cirka 80</b>	<b>55 - 165W</b>	<b>130 lm/W</b>	lång livslängd, högt ljusutbyte	känslig för spänningsförändringar, innehåller miljöfarligt kvicksilver
<b>Ra cirka 80</b>	<b>1W/diod</b>	<b>20 - 25 lm/W</b>	mycket lång livslängd, hög effektivitet, energisnål, liten ljuskälla, olika färger, lätt att fokusera	dyrt inköp, inte så bra färgåtergivning, hög värme förkortar livslängd



## Förkopplingsdon

Många av de lampor som beskrivits ovan går inte att koppla direkt till elnätet, utan måste kopplas via en ballast. Ballasten är en transformator som ökar spänningen i kretsen för att uppnå tändning av lampan, samtidigt som den reglerar strömtillförseln genom induktion (se sidan 15). Förr användes magnetisk ballast av en järnkärna virad med koppartråd. Magnetsik ballast måste drivas på växelström, vilken här i Europa har en frekvens på 50 Hertz. Detta är såpass lågt att flimmer och brumm uppstår. Dessutom går en del energi till spillo. (Starby, 2003)

Idag används främst elektroniska förkopplingsdon. Här är de magnetiska spolarna ersatta av elektroniska kretsar, vilka är både mindre till storleken och inte har några rörliga delar som lättare kan gå sönder eller slösa energi i form av värmealstring. Till skillnad från en magnetisk ballast ändrar den elektroniska ballasten den inkommande strömmens frekvens till mellan 28 och 45 kHz. (Starby, 2003) Örat klarar av att urskilja frekvenser upp till 20 kHz och genom att växlingarna sker såpass mycket snabbare hörs inte brummet. Går man över 50 kHz ökar egenförlusterna i ballasten och risk för elektromagnetisk strålning föreligger. (Starby, 2003) Utöver detta finns en rad andra vinster med elektronisk ballast jämfört med magnetisk. Flimret upphör likt brummet till följd av den snabbare frekvensen, de lägre energiförlusterna ökar till exempel ljusutbytet med 20 %, lamporna tänds snabbare, ballasten kan även drivas på likström, lampan får längre livslängd och så vidare. (Starby, 2003)



Elektronisk ballast i ett kompaktlysrör.

## Ljusreglering

Ibland kan det vara önskvärt att sänka nivån på ljusstyrkan hos en lampa. Det är kanske främst något man tänker på inomhus, men även utomhus kan det ibland vara motiverat. Ett exempel är vägbelysning vid tider på dygnet då trafiken förväntas vara låg. Ljusreglering sparar då en hel del energi.

Glödlampor som är direkt kopplade till elnätet är enkla att ljusreglera genom att öka motståndet i strömkretsen, vilket sedan kan regleras genom till exempel en knapp eller ett vridreglage.

Genom elektroniska förkopplingsdon kan man numer även ljusreglera lysrör och urladdningslampor. Att ha i åtanke när det gäller ljusreglering av högtryckslampor är att de system som idag finns för detta ändamål kan sänka livslängden hos lampor och ballast och förändra ljusegenskaperna till att bli mer monokromatiska. Metallhalogenlampor får exempelvis en mer blågrön ton vid ljusreglering medan högtrycksnatriumlampor blir mer orangea. (Moyer, 2005)

### Kontrollsystem

Att installera ett kontrollsystem kan vara ett effektivt sätt att reglera och styra belysningen. Det finns olika avancerade system för denna typ av kontroll, där man kopplar samman elektriska kretsar till en central styrenhet. Kontrollsystemen är till stor fördel inomhus i större byggnader dels eftersom ventilation och uppvärmning kan kopplas till samma system. Även i utomhusprojekt är det till fördel att använda kontrollsystem då olika kretsar kan tändas vid olika tillfällen, tider på dygnet eller årstider. Belysning utomhus, utöver gatubelysning, har till skillnad från den inomhus oftast inte samma funktionella betydelse som människor direkt berörs eller är beroende av. Ett alltför avancerat kontrollsystem kan därför stjälpa en anläggning mer än vad det hjälper om det är för svårt att styra. Kanske är belysningen utomhus inte det som väger tyngst av arbetsuppgifterna för den som har hand om detta och då är det bra med ett kontrollsystem som är lätt att förstå sig på och använda.

En typ av enkelt kontrollsystem är fotoceller. Cellen består oftast av cadmiumsulfid, vilket är känsligt för ultraviolett strålning. (Moyer, 2005) Lamporna aktiveras sedan genom fotocellens känslighet för omgivande nivåer av ljusstyrka. Nackdelar med fotoceller är att cadmiumsulfiden endast är aktiv i

cirka fem år och att antalet watt man kan tillskriva ett system är begränsat.

Ytterligare en typ av kontrollsystem som lämpar sig för utomhusbruk är timers. Det finns två olika typer av timers, en elektromekanisk och en digital, av vilka det digitala systemet erbjuder något fler möjligheter. Med ett tidsinställt system kan man programmera lamporna astronomiskt, då tidpunkt för tändning och släckning är synkroniserad med solens upp- och nedgång på en speciell latitud. Det går även att programmera så att lamporna är tända vissa dygn och släckta andra. Med det digitala kontrollsystemet kan man därutöver styra flera kretsar med individuella inställningar genom en och samma timer. Gemensamt för båda systemen är att ett batteri krävs som förstärkning vid strömavbrott. (Moyer, 2005)

En tredje typ av kontrollsystem för utomhusbruk är rörelsedetektorer. Dessa sänder ut infrarött ljus i ett visst spridningsfält. Om något rör sig inom fältet tänds lampor kopplade till systemet. Spridningsfältet av det infraröda ljuset kan varieras för att passa in i specifika miljöer. Till exempel kan det vara brett för att täcka in aktivitet på en stor plats. Det kan också ställas in så att endast rörelse på en viss höjd aktiverar ljuset, detta för att undvika att djur tänder lamporna. Även till en rörelsedetektor är wattantalet som den kan styra begränsat. En detektor klarar oftast en belastning på mellan 300 och 1000 watt. (Moyer, 2005)

## Spridning av ljuset

Inte bara ljuskällan spelar in när det kommer till ljusets kvalitet och distribution. Viktiga faktorer att beakta är förstas vilken typ av armatur man väljer till ljuskällan, om man använder någon typ av filter som ytterligare förändrar ljusets egenskaper och så vidare.

### Armaturer

Det finns ett mycket stort sortiment armaturer och nya tas ideligen fram, så det är ingen mening i att ta upp specifika sorter i ett arbete som detta. Vad som enligt min åsikt kan vara intressant att behandla här är olika kategorier av armaturer för utomhusbruk.

Stolpararmaturer används ofta vid gångstråk i till exempel parker. Armaturen är fäst på stolpar och sitter cirka fem meter upp. Hur ljuset sprids beror på utformningen av själva armaturen. En avskärmd lykta sprider exempelvis endast ljuset ner mot marken. Är den belagd med ett reflekterande eller ljusare material på insidan av skärmen reflekteras mer av lampans ljus nedåt och luminansen blir högre. Olika former på armaturen och filter förändrar också spridningen av ljuset. Det kan till exempel röra sig om en asymmetrisk spridning då man önskar mer ljus åt ett håll än åt ett annat. En typ av armatur som man ofta ser på stolpar är globarmaturen. Denna är inte avskärmd och ljus sprids därför uppåt i luften såväl som nedåt. Det kan ses som slöseri med energi och förorening av natthimlen att belysa på detta vis. Ibland kan det dock ha sina fördelar, då till exempel en armatur är placerad nära ett träd så att även detta belyses och får form nattetid. Ett sätt att minska uppåtriktat ljus i en opaliserad globarmatur är att ha en reflektor på insidan, vilken då reflekterar ljuset nedåt.



Samma typ av armatur finns ofta i flera utföranden för olika användningsområden.

I stadsmiljö kan stolpar uppfattas som störande element och det kan då vara passande att hänga upp armaturer på linor vilka fästs mellan huskroppar. Armaturer kan också vara väggfasta och placeras direkt på byggnader.



Exempel på väggfast armatur.

Pollare är en annan typ av armatur som kan användas utomhus. De är lägre, cirka en meter höga, och placeras ofta i mer intima eller privata sammanhang. Med detta menar jag att man ser dem i anslutning till byggnader eller på platser som är mindre till ytan snarare än i större parklandskap.

Strålkastare används för att belysa fasader, träd eller andra element i landskapet. Detta ljus anses kanske som mer dekorativt än funktionellt och används ofta i samband med till exempel stolpararmatur.

Infällda armaturer kan också användas som ledljus, där de inte har så hög illuminans, utan främst används för att visa vägen, till exempel på trappsteg. De här typerna av armaturer kan också fästas i tak och väggar.

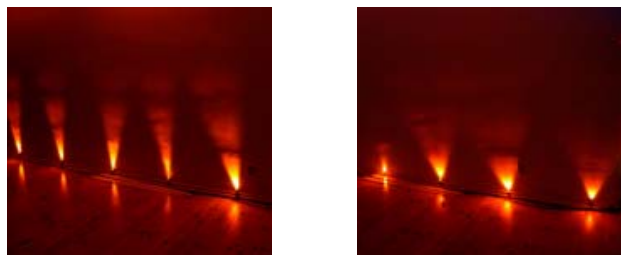
### Fiberoptik

Fiberoptik för belysningsändamål kan sägas vara en speciell typ av armatur. Ett fiberoptikssystem består av tre delar: en ljuskälla i en projektor (vanligen halogen eller metallhalogen), fibrer för transporter av ljus, och ändar vilka sätts längst ut på fibrerna för att sprida ljuset på önskat sätt.

Fibrerna som används för fiberoptik är gjorda av glas eller plast. Runt dessa finns ett så kallat mantelhölje och utanför detta ett isolerande skal. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Fiberoptik>)

Fibrerna buntas ihop och kopplas till projektorn. Ljuset som produceras i projektorn leds via en reflektor in i fibrerna för transport till ändarna. Denna transport sker genom totalreflexion där glaset eller plasten i fibrerna möter mantelhöljet. Totalreflexion sker eftersom mantelhöljet har lägre optisk täthet än fibermaterialet. (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Fiberoptik>) Det blir en förlust i ljusstyrka dels då ljuset går från projektorn till fibrerna, en del ljus reflekteras då tillbaka in i projektorn vid fiberytorna. Förlust av ljus sker också inne i själva fibrerna eftersom reflexionen inte är perfekt. ([www.saas.fi/optics.html](http://www.saas.fi/optics.html))

Ändarna kan antingen enbart ha funktionen av att skydda fibrerna eller så kan de ha en optisk verkan. Exempelvis kan man koncentrera ljuset, vilket annars lämnar fibrerna med en vinkel på 60 grader. ([www.saas.fi/optics.html](http://www.saas.fi/optics.html))



Fiberoptik med respektive utan ändar med optisk verkan.

Plastfiber leder ljus något bättre än glasfiber. Detta beror på att glasfibrernas snittyta är blankare och således reflekterar mer av det ingående ljuset tillbaka in i projektorn än vad plastfibrer gör. Plastfiber ger dock en kallare temperatur åt ljuset vilket främst blir tydligt då längden på fibrerna överstiger tio meter. (Christian Dalberg, muntligen) Mängden ljus minskar också med fiberlängden. Detta enligt den fysikaliska lagen att ljusstyrkan minskar med kvadraten på sträckan det rör sig. (Starby, 2003) Ju tjockare fibern är desto mer ljus kan den transportera, ljusmängden är direkt relaterad till fiberns area. ([www.saas.fi/optics.html](http://www.saas.fi/optics.html))

Projektorn kan placeras både inom- och utomhus, det viktiga är att det finns tillräckligt med utrymme kring den för att möjliggöra god ventlering. De flesta

projektorer har en inbyggd fläkt och är försedda med ventilationshål, vilka inte får täckas över. ([www.saas.fi/optics.html](http://www.saas.fi/optics.html))

Fördelar med fiberoptik är att man genom fibrerna kan transportera ljus och separera det från ljuskällan och därmed elektriciteten. Man kan således få ljus på ställen som annars är svåråtkomliga, till exempel i vatten. Eftersom fibrerna inte transporterar IR- eller UV-ljus kan man även placera ljuset mycket nära föremål som ska belysas utan att risk för brand eller blekning förekommer. Projektorn kan placeras på ett ställe där det är lätt att sköta den och där det är mindre risk för vandalism. Fibrerna är små och flexibla och genom flera kablar kan ljuset fördelas till olika platser. Man kan även få olika effekter, till exempel färger, genom att lägga in filter i projektorn. Använder man en metallhalogenlampa i projektorn kan denna också programmeras med DMX-teknik via en dator. DMX står för Digital MultipleX och är ett system vilket kopplar samman olika avancerade armaturer med specialeffekter såsom ljusreglage, färgändring, mönster, rörelser och så vidare. ([http://en.wikipedia.org/wiki/DMX\\_%28lighting%29](http://en.wikipedia.org/wiki/DMX_%28lighting%29))

## Reflektorer och bländskydd

Oftast bestäms en armaturers ljusbild genom utformningen av reflektorn i kombination med olika bländskydd såsom till exempel täckglas eller lameller. Reflektorns form och yta bestämmer i vilken vinkel ljuset lämnar armaturen, det vill säga om ljustrålen exempelvis blir smal, bred eller asymmetrisk. Med olika bländskydd kan man därutöver ändra ljusbilden än mer. Exempelvis får man en mjukare, diffus ljusbild med ett sandblästrat, opalt täckglas, medan man med ett prismatiskt täckglas refrakterar ljuset ytterligare.



Jämförelse av olika lampors ljusbild.

Ovan visas en jämförelse av olika glödlampors ljusbild. Den nedre bilden till vänster visar ljusbilden av lampa nummer två på den övre bilden. Lampan har opaliserat glas och ljusbilden blir därför mycket diffus. Den nedre bilden till höger är ljusbilden från lampa nummer tre. Denna lampa är försedd med en reflektor som med dess ytegenskaper förstärker ljuset. Reflektorns form riktar sedan ljuset, här fokuseras det symmetriskt. Lampan är dessutom försedd med ett prismatiskt täckglas som refrakterar ljuset och gör ljusbilden en aning mer diffus.

## Filter

Flertalet filter kan fästas vid armaturers ljusöppningar för att än mer ändra ljusets karaktär. Ofta används olika färgade filter. Plastfilter finns i många olika färger och är lättanvända. De passar dock inte utomhus till annat än tillfälliga installationer, eftersom de inte är så hållbara.

Dikroiskt filter används för att låta vissa våglängder ljus passera medan andra reflekteras. Principen används även i reflektorer, främst hos halogen-glödlampor, där infraröda våglängder reflekteras så att de eliminerar sig själva.

Ett dikroiskt filter består av ett glas vilket är belagt med en tunn optisk film. Denna film är gjord så att endast vissa våglängder kan passera genom filtret medan resten reflekteras så att de antingen förstärker accepterade våglängder eller elimineras. Färgen på ljuset som går genom ett dikroiskt filter upplevs således som mycket mättat.

Eftersom de oönskade våglängderna i ett dikroiskt filter reflekteras istället för att absorberas, som hos plastfilter, blir det inte så varmt. Därmed smälter eller bleks inte filmen och livslängden ökar.

Nackdelar med dikroiska filter är att de kostar mycket mer än vanliga plastfilter, de kan gå sönder vid hantering samt att de inte går att klippa till önskad storlek. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic_filter))

## Ögat och ljus

Våra ögon är känsliga för elektromagnetisk strålning mellan våglängderna 400 och 700 nanometer. Vad vi uppfattar som syn är då denna energi omvandlas till information om färg och ljushet. Detta sker i olika steg varav det första steget kan sägas vara då den elektromagnetiska strålningen bryts i ögats lins, går genom glaskroppen och slutligen når näthinnan. Näthinnan består av receptorerna stavar och tappar. Tapparna registrerar skillnad i ljushet och omgivningen i stort. Vid lägre ljusstyrkor och under mörker (skotopiskt seende) är det bara tapparna som fungerar. Stavarna har en bredare känslighet än tapparna men fungerar bara vid tillräckligt hög ljusstyrka (fotopiskt seende). Då registrerar de även spektral fördelning hos den elektromagnetiska strålningen. Det finns tre typer av stavar, respektive känsliga för kortvågig, mellanvågig och långvågig strålning. Signaler från sex ihopkopplade stavar, två av varje känslighetstyp, jämförs och skickas sedan till en specifik plats på näthinnan. Denna signal skickas sedan vidare via synnerver till hjärnan. (Liljefors, 1999)

I mitten av näthinnan ligger gula fläcken, vilken består av en koncentration av stavar. Av ögats cirka 6.5 miljoner stavar finns här runt en miljon. (Liljefors, 1999) Det är denna fläck som står för vårt detaljseende, vilket sträcker sig två grader i synfältet. I resten av näthinnan finns både stavar och tappar, men där är de mer glest utspridda. Denna, vår perifera syn, står för cirka 170 grader av vårt synfält. Här ser vi inte skarpt, utan uppfattar skillnader i ljusstyrka eller kontraster och rörelse. Det är också genom vår perifera syn som vi bildar oss en uppfattning om rummet.

Efter det att den elektromagnetiska strålningen registrerats av receptorerna i näthinnan transformerar den till bioelektriska impulser. Impulserna går till olika delar av hjärnan, där de ytterligare bearbetas innan vi uppfattar dem som visuell information. Över 30 % av hjärnan är involverad i bearbetningen av dessa impulser. (Liljefors, 1999) Själva hjärnan har alltså en betydande inverkan på hur vi tolkar elektromagnetisk strålning. Det som vi i dagligt tal kallar optiska illusioner är inte ett synfel som sådant, utan snarare en metod som under miljoner år utarbetats av vår hjärna för att tolka information på ett sätt som bäst gagnar oss som individer. Eller som Anders Liljefors skriver i *Lighting - Visually and Physically*: "To claim that vision is insufficient, based on the reason that it does not

measure like physical measures, reflects a regrettable lack of balance in common knowledge as in the world of science: "What is factual is what we can measure". (Liljefors, 1999, s. 4)

## Ljus och rumslighet

De regulationer som finns när det kommer till belysning handlar främst om ljusstyrka, vilken ska uppnå ett visst genom instrument mätbart värde för att en anläggning ska godkännas. Detta är baserat på värden då ögats detaljseende och den fotopiska synen fungerar optimalt. I forskning på senare tid har man kommit fram till att detta detaljseende är av underordnad betydelse när det kommer till rumsupplevelsen, vilken är av stor vikt för vår orienterbarhet och igenkänningsförmåga av en plats. ([www.hdk.gu.se/forskning/ulrika/index.html](http://www.hdk.gu.se/forskning/ulrika/index.html))

Hur vi lyckas läsa av ett rum är i dessa fall av större betydelse än hur väl vi kan läsa detaljer på nära håll. Många har kanske känt sig mer blottade när de går i en park belyst av enbart stolparmaturer, där man går in och ut ur ljuskäglor men där den övriga miljön är mycket mörk. Här blir kontrasten mellan ljus och mörker så stor att ögat inte hinner återhämta sig i de mörka partierna och man får därmed inte en överblick av området i stort, utan uppfattar bara det som syns inom ljuskäglan. Jämfört med dagsljuset, där man får stor överblick över hela parken och med hjälp av skuggor och kontraster lätt kan läsa av landskapet, kan detta bli en onaturlig och ibland skrämmande upplevelse.

För miljoner år sedan, då synen först utvecklades hos organismer, existerade enbart det perifera seendet, vilket dessa organismer var beroende av för sin överlevnad. (Anders Liljefors, muntligen) Med detta i åtanke är det inte så konstigt att vi känner oss tryggare i ett rum där belysningen ger möjlighet till en bredare översikt med svagare övergångar i ljusstyrka och kontrast än i ett rum med motsatta förhållanden, vare sig rummet är inom- eller utomhus.

## Belysning och miljö

Belysningen har sina nackdelar när det gäller miljön. Dels energiåtgången, som främst utgörs av elektricitet, dels miljöfarliga ämnen i lamporna som används, men också den negativa inverkan den idag reducerade mörka delen av dygnet har på levande organismer. Verksamheter som astronomi blir även lidande av den nattligt upplysta himlen då man inte kan se stjärnformationer i alltför kraftigt ljus.

### Belysning och energiåtgång

På senare år har efterfrågan på miljövänligare och energisnålare belysning vuxit kraftigt. Jag tror att detta till stor del beror på ekonomiska aspekter, att man helt enkelt inte (bokstavligen) vill slänga pengar i luften, men också på rådande samhällsklimat där man tvingas att ha miljön mer i åtanke och på så sätt få vissa skattelättnader och så vidare. Flera satsningar görs från producenternas sida för att tillverka lampor med bättre ljusutbyte, genom exempelvis högfrekventa förkopplingsdon, keramiska brännare, IRC till halogenglödlampor med mera. Utvecklingen av LED går mycket snabbt och från att ha använts nästan uteslutande i tekniska sammanhang går det idag använda dem till i princip alla typer av belysning. Att LED heller inte alstrar någon värme är ju en miljöaspekt i sig, då värme i belysningssammanhang oftast är oönskad energiåtgång.

Ytterligare en aspekt på belysning och energiåtgång, men som det kanske inte lagts lika stor forskning på, är användandet av förnybara energikällor till elförsörjningen. Att till exempel lagra dagsljusets solenergi för belysningsändamål under den mörka delen av dygnet sparar inte bara elektricitet utan även nergrävda elledningar. Ledningarna utgör inte bara en kostnad i form av material och installation, utan också en fara för växtlighetens rötter. (Narboni, 2004)

### Miljöfarliga ämnen

Flertalet lampor består till viss del av miljöfarliga ämnen som bly och kvicksilver. Just kvicksilver är mindre motiverat att helt ta bort i lamporna än bly eftersom detta höjer en lampas ljusutbyte betydligt. ([www.osram.se/Milj%c3%b6/miljofakta.aspx](http://www.osram.se/Milj%c3%b6/miljofakta.aspx)) Även när det gäller miljöfarliga ämnen ligger det dock i producenternas intresse att använda en så låg halt som möjligt av dem eftersom producenterna sedan den 1 juli 2001 är skyldiga att tillverka lampor som är godkända för återvinning. ([www.osram.se/Milj%c3%b6/miljo1.aspx](http://www.osram.se/Milj%c3%b6/miljo1.aspx))

### Inverkan på växter och djur

Både växter och djur (inkluderat människor) behöver mörker för att kunna vila ordentligt och återhämta sig. Växter som ständigt utsätts för elektromagnetisk strålning upphör inte med sin fotosyntes, vilket kan resultera i att de producerar växtlighet långt efter det att den normala växtperioden avslutats. Vid sådana fall kan exponering för frost vara fatalt och växten kan således dö. I de flesta fall utgör inte belysningen ett överhängande hot mot växter eftersom den mestadels släcks under natten, om inte annat så för energibesparing. Värst är det för växter i stadsmiljön, där belysningen, på grund av verksamhet dygnet runt, aldrig släcks. Här utsätts även växter för annan typ av stress, såsom föroreningar, små utbredningsutrymmen samt hårt packad jord. (Narboni, 2004)

För djur och människor utgör den mörka delen av dygnet en tid då vi ska slappna av och återhämta oss. Då det är mörkt startar produktionen av melatonin i tallkottskörteln. En högre halt av melatonin i kroppen bidrar till att vi känner oss trötta och lätt somnar in. Mörkret verkar således som en signal för att vi ska kunna följa vår dygnsrytm. ([www.ljusterapi.net/art/kodink.htm](http://www.ljusterapi.net/art/kodink.htm)) Melatonin verkar också hämmande på den sexuella aktiviteten. Hos bland annat duvor som lever i städer har man kunnat påvisa att fortplantningen pågår året runt på grund av ökade ljusnivåer. (Narboni, 2004, citat i boken från annan källa) Relativt ny forskning av PhD David E. Blask, Bassett Research Institute, visar också att kvinnor som har bröstcancer och arbetar nattskift (och därmed får störd dygnsrytm genom exopenering av ljus under dygnets mörka timmar) har ökad tumörtillväxt som direkt följd av den hämmande melatoninproduktionen. (<http://cancerres.aacrjournals.org/cgi/content/abstract/65/23/11174>)

### Light pollution

Numer pratas det en hel del om light pollution, light trespass eller ljusföroreningar som vi kallar det på svenska. Att man i allt fler urbana områden inte längre kan se en klar natthimmels stjärnor utan istället ser ett orange sken är förstas sorgligt. Inte minst är detta med ljusföroreningar något som astronomiska föreningar försöker bekämpa eftersom de inte längre kan titta på stjärnhimlen i sina teleskop. Den i Tuscon, Arizona, USA, baserade International Dark sky Association, IDA, är kanske den mest kända och flitigaste organisationen i arbetet mot ljusföroreningar. På sin hemsida [www.darksky.org](http://www.darksky.org) har de publicerat en hel del skrifter om fenomenet



Ljuskontaminering. De upplyser om vilka lampor som de anser är bäst att välja för utomhusbelysning, främst lågtrycksnatrium men även kvicksilverlampor. Att dessa lampor inte lämpar sig ur andra synpunkter, såsom färgåtergivning och estetiska funktioner i fallet lågtrycksnatriumlampa, samt miljövänlighet och ljusutbyte i fallet kvicksilverlampa är något som de väljer att inte kommentera. IDA har också startat en kvalitetsmärkning för armaturer som reflekterar ljus nedåt istället för att sprida det upp i himlen där det inte gör någon nytta. En bra utveckling som sätter ytterligare press på producenterna att tillverka bra produkter. Men även i detta fallet har man inte tänkt på att alltför mycket ljus som reflekteras på marken också förorenar himlen i form av för hög reflektionsandel. Att istället fokusera på användning av lagom ljusnivå hos lampor i samband med refraktion och reflektion är något som ytterligare borde utvecklas. (Narboni, 2004) Ofta används till exempel en alltför hög ljusstyrka på lampor. Allt fler ljusdesigners intresserar sig dock för den etiska aspekten av belysning såväl som den estetiska. Ett fortsatt samarbete mellan darksky-organisationer, armaturtillverkare och designers kan i det här fallet antagligen bli mycket lyckat.



Ljuskontaminering av Stockholmshimlen.

## Kostnad och underhåll

Det är inte bara lamporna, armaturerna och elektriciteten som kostar i en belysningsanläggning. Som med allt annat måste anläggningar tas omhand. Lampor måste bytas, armaturer hållas rena, på främst offentliga platser kan armaturer och lampor utsättas för vandalism etcetera. Av olika anledningar kan det vara värt att inför belysningsplaneringen fråga sig vilken typ av anläggning man ska åstadkomma, hur mycket skötsel den kommer att kräva och så vidare. I många fall tjänar man kanske på en hög installationskostnad för en anläggning som längre fram inte kommer att behöva så mycket skötsel och underhåll. Ett sätt att visa hela kostnaden är att göra en typ av livscykelanalys på hela anläggningen. Aspekter att ha i åtanke när man gör en sådan analys är kostnader för armaturer, förväntad lamplivslängd, kostnader för underhåll (byten av lampor och armaturer) samt kostnader för elektricitet.

För att få anläggningen att fungera optimalt är det viktigt att man har en god kommunikation med ägaren så att denne är införstådd med vilken typ av underhåll som kommer att krävas efter det att installationen är färdig. Som designer kan det vara bra att förse ägaren med:

En beskrivning på den färdiga anläggningen, dess syfte och funktioner.

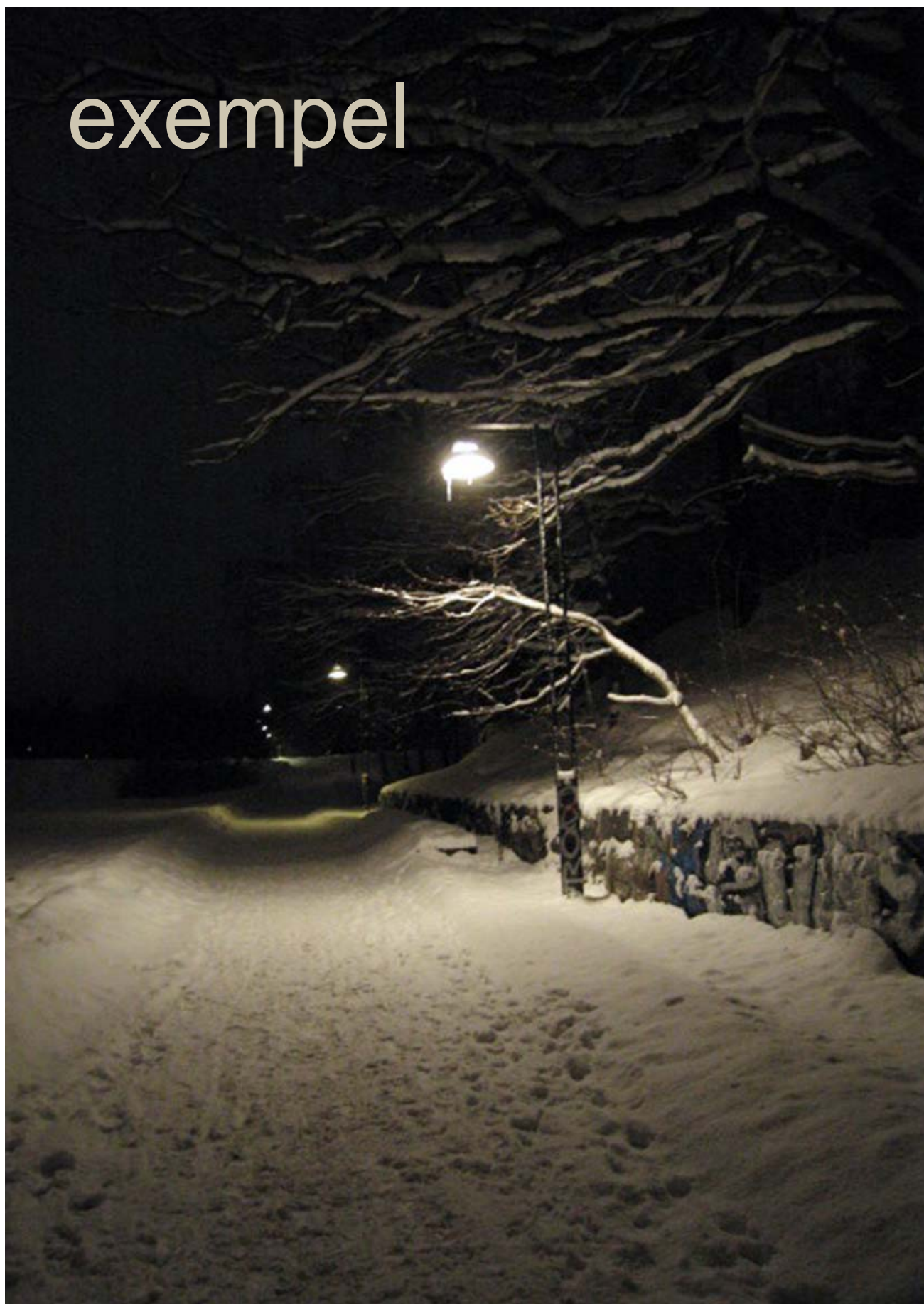
En beskrivning på hur det elektriska systemet fungerar, kontrollsystem och så vidare.

Ritningar som visar armaturtyper med tillbehör, vart de är lokaliserade och hur de är riktade.

Skötsel- och reparationsbeskrivningar, armaturer som behövs riktas om i takt med exempelvis växters storleksförändring. I detta fall kan det vara motiverat att kontakta ljusdesignern för omriktning. (Moyer, 2004)



exempel





## Studieobjekt

För att få ett samband mellan hur lampor fungerar i teorin och hur ljuset är i armaturer i verkligheten har jag valt att studera en del platser ur belysnings-synpunkt. Jag har i mitt urval av platser försökt få en bredd av olika typer av ljussättningar representerade.

### Nääs slott

Mitt första studieobjekt blev Nääs slott, söder om Alingsås. Slottet ligger på en halvö, från motorvägen E20 kör man via en avfart genom en stenport och in i en pampig lindallé. Allén är relativt lång och inte rak, men leder slutligen fram till slottet. I dagsläget kör man inte rakt upp till slottet utan entrén ligger till vänster om slottsbyggnaderna och dit kommer man via ett stall.



Nääs slott från lindallén.

Det finns inget ljus alls i allén, utan det är först när man svänger in på parkeringsplatsen vid stallet som man möts av en rad stolpar med globarmaturer i klart glas. Lamporna är försedda med louvrar, ett slags bländskydd, och består av kompaktlysrör med en klarvit färg, nästan åt det kalla hållet. Färgåter-givningen är relativt god. Stolparna är ganska höga och bidrar därmed till en "parkeringskänsla". Med detta menar jag att jag tycker ljussättningen mer gav känslan av att man var på en stormarknads parkering än på denna lilla och mer intima gårdsparkering.

Vid parkeringen närmast slottet blandas stolp-höjderna vilket ger ett något rörigt intryck. Det tillkommer också en armatur av en mer gammaldags stil och i dem är flertalet lampor trasiga. Glödlampor används som ljuskälla och färgtemperaturen blir därför varmare.



De två olika typer av stolparmaturer som används vid Nääs slott.

Eftersom lamporna är trasiga i gången upp till värdshuset och slottet är det svårt att uttala sig om hur det är tänkt att vara, men det känns ganska mörkt här och det ljus man ser kommer från värdshusporten samt den starkt upplysta slottsfasaden längre upp.

Ovanför porten till värdshuset sitter två spotlights med halogenglödlampor. De ger ett varmt ljus som förstärker färgen i husets röda tegel och den bruna porten. Man hade kunnat tänka sig att fler lampor fick lysa upp teglet runt om huset och att man på det viset skulle få värdshuset att se mer inbjudande ut.



Värdshusets entré.

Efter värdshuset kommer man upp på slottsgården, en ganska stor plan kantad av två flygelbyggnader. Slottet ligger en trappa upp, vinkelrätt mot byggnaderna. På var sida av trappan finns två stolpar med globarmaturer. De är bestyckade med tilljusttemperaturen varmvita kompaktlysrör.

Själva slottsfasaden belyses av två stora strålkastare placerade i rabatterna framför slottet. Det är ett mycket starkt ljus från högtrycksnatriumlampor. Färgtemperaturen är låg och detta ger ett orange intryck. Ljuset är tydligt tänkt att visa upp fasaden från håll. Det är också mycket effektivt då man färdas upp för den mörka allén och allt man ser är det upplysta slottet i fonden. Man ska dock inte vistas mellan strålkastarna och fasaden, här känns det som om man står på en scen eftersom allt utanför är så mörkt och eftersom man blir så bländad. Det finns även en strålkastare på slottets högra gavel, av samma typ som de två andra.



En utav strålkastarna placerad i rabatten.

Personligen tycker jag att fasadbelysningen är lite för kraftig. Jag hade hellre sett den lite nedtonad och att man dessutom hade belyst de två flyglarna vilka idag ligger helt i mörker. Genom att belysa flyglarna tror jag slottsgården skulle upplevas mer som ett rum och att det förmodligen skulle kännas behagligare att vistas där. Jag tror inte heller att belysning av flyglarna och slottsgården hade förstört slottets intryck på håll.

Belysningen är designad av personal på Nääs slott. (Stefan Johansson, muntligen)



Slottet sett från slottsgården.

## Hjalmar Brantingsplatsen

Hjalmar Brantingsplatsen ligger på Hisingen i Göteborg. Platsen utgör ett nav i Göteborgs kollektivtrafik. I anslutning till platsen ligger dessutom ett stort köpcentrum. Här har jag studerat en gång- och cykelpassage, ritad av landskapsarkitekt Thorbjörn Andersson och arkitekt PeGe Hillinge, som förbinder den äldre bebyggelsen och bostadsområden med platsen och köpcentret. Platsen har utformats med inriktning på säkerhet och stor vikt har lagts på bland annat rymliga mått, genomsiktlighet och god belysning. ([www.sweco.se/templates/Project\\_\\_\\_2802.asp](http://www.sweco.se/templates/Project___2802.asp))

Belysningen i anslutning till undergången utgörs av lysrör i hållplatskurer samt gatubelysning i form av högtrycksnatriumlampor i stolparmaturer. Gatubelysningsarmaturerna är av koffertmodell på spårvagnssidan och av globmodell på bostadssidan av undergången. Ljuset är gulorange och har dålig färgåtergivning.



Belysningen kring Hjalmar Brantingsplatsen.

Undergången består av en cirkulär yta med ett cirkulärt mönster. Mönstrets centrum ligger mitt under vägen som går ovanför undergången. I hela cirkelytan finns inga stolparmaturer utan meningen är att man ska ledas ner i gången via små lampor infällda i marken. Inga av dessa lampor fungerade då jag var där och på en utav dem hade skyddsglasat krossats. Likadana lampor fanns dock vid själva hållplatsen, så det gick att föreställa sig vilken karaktär de små lamporna skulle haft.

Väl inne under bron blir ljuset starkare. Det finns sex högtrycksnatriumlampor infällda i taket. Även här är en lampa ur funktion, vilket är synd då hela undergången är mycket symmetrisk, både ur mark- och ljusplaneringssynpunkt.



Ledbelysning och en trasig armatur på väg ner till undergången.

Undergången stöttas av pelare som delar upp rummet och ger ljusare och mörkare partier. Ovanför, mellan de två vägbanorna, sticker fem torn upp. Av dessa torn är två belysta med lysrör (men jag tror att alla fem ska vara det). Man ser dem alltså när man kör. Tornen förlängs ner till undergången där fyra nedåtriktade lampor markerar dess mitt. Detta ljus, möjligen kvicksilverlampor, har en kallare karaktär. Man tänker kanske inte så mycket på det när man är mitt i tunneln, men det ser väldigt snyggt ut på håll. Det varma ljuset ger en rosa karaktär åt graniten och markstenen medan det kalla ljuset ger samma material en grönaktig ton. Det känns som om ränderna i cirkelmönstret går igen i ljusplaneringen.



Lampornas olika färgtemperatur ger undergången ett intressant mönster även kvällstid.

Jag tycker att ljussättningsidén är mycket bra här. Den förstärker markplaneringen på ett fint sätt. Det är lite trist men också nyttigt att se hur fort en plats blir vandaliserad eller hur lite den underhålls, med tanke på alla trasiga armaturer. Att målsättningen med projektet var just säkerhet med hjälp av genom-

siktlighet och bra belysning tycker jag förvärrar situationen ytterligare.

### Norra älvstranden / Navet

Norra älvstranden är en relativt nyutvecklad stadsdel i Göteborg och ligger där skeppsvarvet låg tidigare. Byggnaden Navet, som också kallas Lindholmen Science Park, ligger i anslutning till Chalmers Lindholmen och hit flyttar många teknikföretag.

Jag har tittat på platsen i anslutning till Navet, ritad av White arkitekter. Platsen består av mörkgrå och vita plattor, lagda i ett grafiskt mönster. De vita plattorna växer ibland upp till klossar eller sekundära sittplatser. I markstenen ligger infällt LED. Dagtid ser man kretskorten som dioderna är fästa vid och hela platsen ger ett ganska tekniskt intryck.



De synliga kretskorten i LED-armaturerna ger platsen ett tekniskt uttryck.

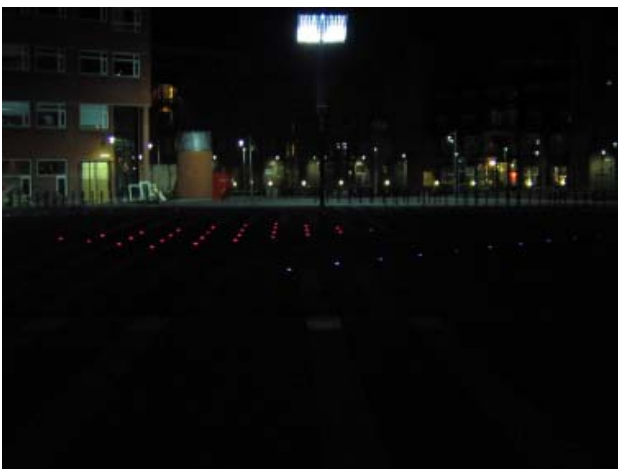
Kvällstid ger platsen vid första anblick ett starkt upplyst intryck, som om man närmar sig en idrottsplan. Här finns tre höga stolpar försedda med stora reflektorer. Strålkastare riktas upp och deras ljus reflekteras och sprids ner över platsen. Det reflekterade ljuset är vitt till kallt vitt, antagligen metallhalogen, och återger färger bra. Stolparna är främst placerade i torgets södra del och inte så nära inpå själva byggnaden Navet. På platsen upplevde jag ljuset fläckvist fördelat med mörka partier mellan. En reflektor belyser ett ganska stort område och när man befinner sig i detta skarpa ljus känns det nästan som om man står på en scen.

I anslutning till Navet finns inga reflektorer och denna del blir därför ganska mörk. Byggnaden ligger några trappsteg upp och utanför entrén finns ett plan där man kan stå och titta ut över platsen. Härifrån



De stora reflektorerna vid Navet.

blir poängen med den sparsamma belysningen vid byggnaden tydlig. Man får nämligen en överblick över platsen, ser tydligt de svarta och vita mönstren på marken, men speciellt framträdande blir LED-belysningen i marken. Alla lampor har röda, gröna och blå lysdioder vilka är programmerade till att ändra färger och nyanser på ett visst sätt. De går visserligen att se över hela platsen, men effekten blir extra tydlig här uppifrån och i mörkret. Det skarpa reflekterade ljuset längre ut på platsen motverkar nämligen diodernas effekt en aning.



Den mörkare ytan invid byggnaden gör att LED-effekten syns tydligare.

Personligen tycker jag inte att dessa stora reflektorer är så snygga. Det är dock tydligt att man vid Navet ville eftersträva en "teknikstämning" och det tycker jag att man har lyckats bra med. Även här, som vid Hjalmar Brantingsplatsen, känns det som om belysningen kompletterar platsens design.

Navets form är triangulär och dess hypotenusan möter torget. I byggnadens ena hörn ligger en mobiltelefonbutik. Butiken har en röd neonskylt ovanför entrén, och ljuset från denna skylt ger en betydelsefull inverkan på hur man upplever platsens belysning. Jag tycker inte att denna skylt förstör ljusdesignen, men om man har ett så genomtänkt koncept är det nog viktigt att fråga sig hur stor inverkan en eventuellt upplyst skylt kan ha, eller kan få tillåtas ha.

Mellan Navet och vägen ligger ett konstverk bestående av stora granitbågar. De påminner lite om skepp och platsen de ligger på känns lite som ingenmansland, mellan bebyggelsen och vägen. Nära inpå ser jag att det vid bågarna finns små strålkastare infällda i marken. De är försedda med halogen-glödlampor som är släckta eller trasiga. Det var synd att de inte var tända eftersom jag tror att granitblocken hade varit ganska fina där i "ingenmanslandet", belysta med en varmare ton. Därigenom kunde man få en känsla av att röra sig från det nya tekniklandskapet för att möta den gamla skeppsbyggnadskulturen.



Lamporna vid konstverket var trasiga och denna plats låg därför helt i mörker vid mitt besök.



## Hasselbladshuset

Hasselblad har sedan år 2003 flyttat över Göta Älv till Göteborgs norra älvstrand och inhyses nu i en ny byggnad ritad av Arkitekterna Krook och Tjäder AB. 2003 fick huset Svenska Belysningspriset och 2004 juryns hederspris i Nordiska Belysningspriset. Ljusdesign står Stefan Tjäder på Arkitekterna Krook och Tjäder AB för, tillsammans med Tommy Gustavsson och Helen Lövebrant från ELK Göteborg AB samt Michael Hallbert, Michael Hallbert ljusdesign AB.

Man kan säga att Hasselbladshuset har två karaktärer; den slutna, mörka delen som kan liknas vid ett kamerahus, samt den öppna, luftiga och ljusa delen med glasfasader som tillåter insyn från kajen och andra sidan älven. Taket har lyfts och pekar snett uppåt och detta ger en speciell karaktär som genom byggnadens läge är synlig från flera ställen i staden.

Belysningen förstärker de två olika karaktärerna. Runt om byggnadens tak går pelare ner till marken. Pelarna och taket belyses nedifrån med två markinfällda strålkastare per pelare. Lamporna är metallhalogen, ljusets färg är ganska kall och förstärker på så sätt den gråvioletta färgen hos pelarna och taket. Speciellt taket blir mycket effektivt på håll då det ter sig som en pil som skjuter upp mot himlen.



Belysning av Hasselbladshusets pelare och tak.

Vid den träbelagda kajen står en rad pollare. Lamporna i dessa pollare är kompaktlysrör och de har en varmvit ton som ger träet och markstenen ett fint uttryck. Armaturen gör att ljuset sprids i en cirkel runt pollaren, med undantag av området närmast pollaren, där det är mörkare. Pollarna är sedan placerade på ett avstånd som gör att ljuscirklarna följs av ett lika stort mörkt område, innan nästa pollares ljus. Detta ger en punktluk rytm som går igen i husets stuprör. Två av lamporna var tyvärr trasiga vid mitt besök och detta förstör naturligtvis rytmen.

Taken inne i byggnaden är belysta, men med en något varmare vit färg och gör byggnadens struktur synlig även kvällstid. Ljuset matchar pollarbelysningen på ett fint sätt samtidigt som det ger kontrast till det kalla ljuset.



Pollare vid kajkanten.

Med belysningen såväl som arkitekturen märks det att det som skall visas upp är fasaden längs Göta Älv. Den mörka delen av byggnaden vid parkeringen har väggfasta armaturer bestyckade med metallhalogenlampor. Ljuset från dessa lampor belyser främst marken nedanför, men avslöjar även lite av den mörka fasaden. Parkeringen bredvid är försedd med lyktstolpar. Varje stolpe har i sin tur två metallhalogenstrålkastare med ett kallt vitt ljus. När jag var där var endast lamporna på två av stolparna tända. Jag tycker dock att detta är tillräckligt med ljus eftersom det skarpa parkeringsljuset annars skulle förta byggnadens uttryck. Förutom det belysta Hasselbladshuset är detta ett mörkt område där en högre ljusnivå i övrigt skulle kännas omotiverad.



Parkeringen och den mörka fasaden.

På den kortsida av huset som är vänd mot vägen är Hasselblads logotyp uppfäst. Denna är belyst med samma typ av lampor som på den mörka fasaden. Det ger ett lågmält och fint intryck.

### Gullmarsstrand hotell och konferens

Gullmarsstrand ligger på Skaftölandet, nära Lysekil i Bohuslän. Det är ett nyrenoverat konferenshotell som ligger inhyst mellan den äldre bebyggelsen och havet. Belysningen är designad av personalen på Gullmarsstrand och White arkitekter står för gårdsbelysningen. (Desirée Andersson, muntligen)

Det första man möter efter att ha kört genom Fiskebäckskils bostadsområden är konferenshotellets parkering. Denna har koffertarmaturer på stolpar försedda med högtrycksnatriumlampor. Lamporna har dålig färgåtergivning och ger ett gulorange ljus. Jag tycker också att de är en aning bländande. Koffertarmaturen blandas med en armatur som sedan visar sig vara genomgående i hela anläggningen. Även här är ljuskällan högtrycksnatrium.



Den äldre koffertarmaturen samt nyare markstrålkastare vilka belyser buskar och flaggor vid konferenshotellets infart.

I anslutning till parkeringen finns en rabatt med buskar och fyra flaggstänger. Under buskarna har man placerat tre markinfällda strålkastare av metallhalogen. Strålkastarna har ett vitt ljus och återger färger väl.

På andra sidan den lilla vägen finns en liten klippa och invid den är tre strålkastare likt dem vid buskarna placerade. Här ter sig ljuset en aning varmare, vilket jag tror beror på nyansen i själva berget. Dessa strålkastare, på båda sidorna av vägen, markerar på ett tjustigt sätt entrén till konferensområdet. Ljuset går här från orange lågtrycksnatrium till klart vitt. Att se buskarnas arkitektur samt granitens färg och textur är fina detaljer som skapar stämning.



Belysning vid den lilla klippan.

Vid husgaveln som vetter mot parkeringen finns en skylt vilken även den är försedd med en markstrålkastare. Uppe vid taket på detta hus sitter ännu en skylt som är belyst med två lysrör, infästa under taket.

När man sedan följer vägen in mot receptionen finns på den vänstra sidan en stor del av konferenshotellens lokaler. Denna sida är belyst med meterhöga pollare. De ger ett varmvitt ljus som genom armaturen bildar punkter på marken. På den högra sidan fortsätter bergsväggen och ovanpå denna ligger privatbostäder. Hela denna sida kantas av koffertarmaturer på stolpar med det orangea högtrycksnatriumljuset. Jag tror att de här lamporna är de enda som finns kvar av det gamla. De känns något starka i förhållande till pollarnas ljus, men det orangea ljuset passar ändå på något vis och bidrar till stämningen.



En utav gårdarna och en pollare på gatan utanför.

Huset är byggt på ett sådant sätt att tre gårdar har bildats. Gårdarna kan ses inifrån hotellet och nås från vägen. Det är inte meningen att man direkt skall vistas på gårdarna, utan de fungerar mer som utsmyckning och är kontemplativa i sin komposition, något minimalistiska. Det kan till exempel röra sig om grusad plan med en rönn och ett stenblock eller tre rönnar på rad satta i en rektangel med glaskross. Träden och stenblocket är sedan belysta med små strålkastare. Ljuskällan här är halogenglödlampor och färgen är varmt vit.

Detta är en subtil ljussättning som jag kan tänka mig är stämningsfull, speciellt inifrån hotellet. Kommer man på vägen står det dock en pollare i varje gårdsöppning och eftersom pollarens ljus är starkare än ljuset på gården går man miste om stämningen en aning.

Hotellet var stängt när jag var där och tittade, men varje foajé vid husens kortändor längs vägen var ändå tända inuti med kompaktlysrör infällda i taken.

Till slut kröker vägen sig och här ligger receptionen. Asfalten får lämna plats åt smågatsten och i denna har man placerat en markstrålkastare av halogen som entrémarkör. Denna har en kåpa som sprider ljuset i fyra olika riktningar längs marken och som även går att köra över. Infällt i taket vid entrén sitter en rad spotlights, troligen kompaktlysrör.

Konferensområdet är inte så stort, men delas upp i två delar; en del som vetter mot havet och den andra mot bergsväggen och vägen. Genomgående i området används dock armaturer av typer med samma formspråk, stolparmatyren Parklykta, pollaren Pullerten och väggarmaturen Grönnegade. Armaturerna kommer från Fox Design AB. Överallt används kompaktlysrör som ljuskälla med ett klart



Entrémarkören vid vändplatsen.

vitt ljus. Kåpan i armaturen är gjord av polykarbonat och på ett par ställen har kåporna missfärgats av värmen vilket har lett till att ljuset istället fått en varmvit karaktär.



Genomgående i området används armaturer med samma formspråk.

Jag tycker att Gullmarsstrand hotell och konferens är mycket bra ljussatt. Det är lägmålt och sticker inte ut för mycket där på kajkanten utan smälter in med bebyggelsen och karaktären på kustområdet i övrigt. Detaljerna med belysning i gårdarna samt på växter och graniten ger det lilla extra som gör platsen speciell. Det är också fint att belysningen här har en varmare ton än den som är genomgående i resten av området.

## Vinterviken

Vinterviken ligger väster om Liljeholmen i Stockholm. Viken har fått sitt namn eftersom den utgjorde en väg vintertid. På slutet av 1800-talet flyttade Alfred Nobel sin farliga verksamhet hit. Den mest iögonenfallande byggnaden är kanske "Syran", fabriken i rött tegel ritad av den belgiske ingenjören G. Delplace ([www.skulpturens hus.se/nobel/index.html](http://www.skulpturens hus.se/nobel/index.html)). Här tillverkades svavelsyra, vilken senare användes för tillverkning av nitroglycerin. Nobels verksamhet i fabriken pågick fram till år 1909.

I slutet av 1900-talet bestämde man att byggnaden skulle restaureras för att inhysa Skulpturens Hus. De flesta av de andra äldre byggnaderna står kvar och består idag av bostäder. År 2000 bestämde GFK (Gatu- och Fastighetskontoret) i Stockholm att parken skulle rustas upp. Detta gjordes av SWECO FFNS genom Thorbjörn Andersson. Man öppnade då bland annat upp parken för att synliggöra vattnet. Träbänkar och en lyktstolpe specialdesignades och finns nu genomgående i parkstråket. Stolparna har en armatur vars ljuskälla, högtrycksnatrium, kastar ett gulaktigt sken över gångvägarna. Det är ett ganska behagligt sken och den relativt låga ljusnivån känns naturlig i parkmiljön. Jag besökte Vinterviken två gånger, första gången våren 2005 och andra gången vintern 2006. Andra gången jag var där hade en del av högtrycksnatriumlamporna bytts ut mot metall-halogenlampor och lågtrycksnatriumlampor, alternativt högtrycksnatriumlampor med lägre färgtemperatur än de ursprungliga.



Gångväg i Vinterviken.

Vid Skulpturens Hus blir ljusnivån något högre. På fasaden finns ett antal väggfasta armaturer bestyckade med kompaktlysror. De sitter cirka två

meter upp på fasaden och ofta över röda trädörrar. Ljuset är vitare än stolparnas ljus och kan beskrivas som varmvitt. Eftersom de röda trädörrarna och teglet belyses blir dock upplevelsen på håll att ljuset stämmer mycket väl in med tonen i högtrycksnatriumlamporna i parken.



Kompaktlysror i armaturer ovanför dörrar.

En del halogenstrålkastare är uppsatta i anslutning till den gamla fabriken. Gemensamt för strålkastarna är att de sitter på svartmålade lyktstolpar på en höjd av cirka fyra meter. Det är ganska effektivt eftersom man knappt ser stolpen i mörkret utan främst ljuset och dess verkan. En strålkastare är placerad i ytterkanten av den stenlagda ytan framför fabriksbyggnaden. Lampan har en bred ljusbild och den ger ett ganska jämnt ljus över en skulptur i röd granit, vilken är placerad framför strålkastaren. Eftersom strålen är bred blir ljuset inte skarpt riktat utan visar upp granitens struktur och form på ett fint sätt. Resten av ljuset sprids över byggnaden och jag kände det som att jag nästan var omedveten om varifrån detta ljus kom.

Som en accent finns ytterligare en strålkastare, men med en spotlightfunktion. Ljuset sprids genom nederkanten av några björkgrenar för att sedan lysa upp överdelen av fasaden och taknocken av trä. I och med att björkgrenarna är så nära lampan bildas skuggor av grenarna på fasaden. Detta är mycket effektivt och bidrar med rörelse då grenarna vajar i vinden. Träet i taknocken uppmärksammas också genom spotlighten vilket är fint.



Halogenstrålkastare belyser konstverk och byggnadens fasad.

Vid mitt första besök tyckte jag att belysningen var enhetlig i sin orangea ton och fungerade mycket bra. Andra gången blev jag besviken över att man bytt till olika typer av lampor. Det ger ett uppstyckat intryck och det som första gången såg genomtänkt ut verkar nu mest slumpartat.



Även i samma stolpe har man placerat olika typer av lampor.

Ökningen i ljusstyrka och detaljerna kring Skulpturens Hus är mycket fina och gör själva byggnaden till en skulptur när det är mörkt. Uppe på bron och E4: an, som går tvärs över Vinterviken och sjön Trekanten, finns motorvägsbelysning i högtrycksnatrium. Detta till nyansen orangea ljus går i samma ton som ljuset inne i parken och bildar en fin fond. Det enda ljus som inte går i denna ton är ljuset i Vintervikens trädgårdsförening samt de gamla arbetarbostädernas trädgårdar där tonen oftast

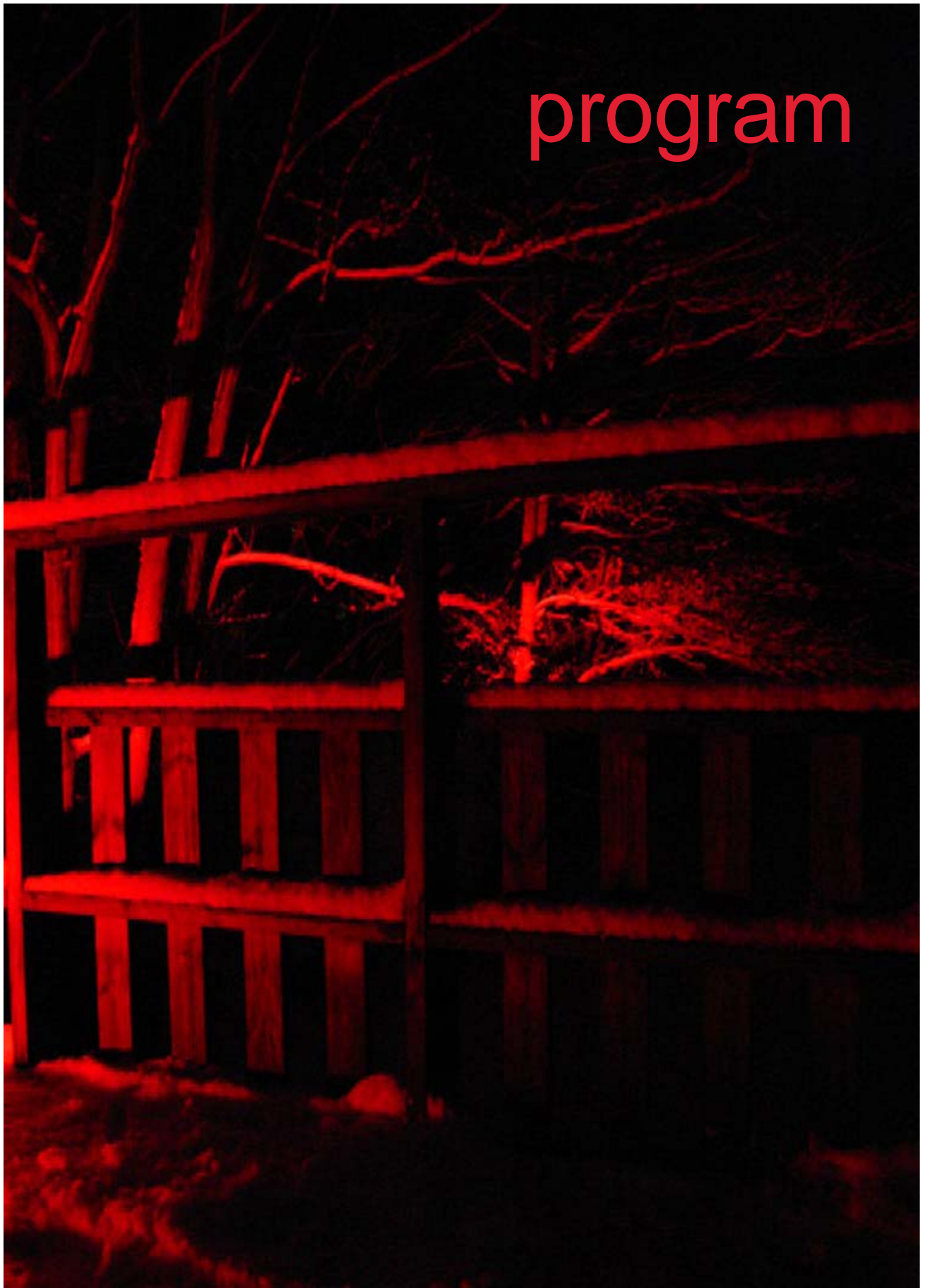
är kallare vit, ibland till och med grönaktig. Detta bryter förstås helt av med den offentliga parkens belysning, men visar också på att det här finns en annan aktivitet. Här bor det människor och detta är privat område.



Den gamla syrafabriken blir som en skulptur där den skymtar fram mellan träden i mörkret.



program







## Ljussättning i praktiken

Nästa steg är att omsätta de kunskaper jag inhämtat genom teoretiska studier och betraktelser av befintliga belysningsanläggningar till praktiskt kunnande. Detta gör jag genom att ge ett förslag till hur man skulle kunna belysa anläggningen kring Bokenäs, Volvos fritids- och konferensby.

### Bokenäs

Bokenäs ligger cirka 10 mil norr om Göteborg, på fastlandet nära Lysekil. Här finns ingen samlad tätort, utan bebyggelsen kring konferensbyn präglas av spridda villor, gårdar och sommarstugor.



Landskapet kring Bokenäs är kuperat.

Den äldsta byggnaden inom anläggningens område är från 1926 och här bodde konstnären Ole Kruse fram till sin död 1948. ([www.delectus.se/soren/konst/ole\\_kruse.html](http://www.delectus.se/soren/konst/ole_kruse.html)) Byggnaden står kvar i sitt ursprungliga skick och är kulturminnesmärkt. Den skiljer sig i stil och färgsättning från resten av byggnaderna i området.



Krusegården har annan färgsättning än resten av byggnaderna.

År 1947 köptes marken av Svenska Flygmotor Aktiebolaget (numera Volvo Aero Corporation) som hade sin verksamhet i Trollhättan och man byggde ett antal semesterstugor åt sina anställda. Våren 1987 köptes ett intilliggande område, som sedan 1940-talet använts som barnkoloni av Västerås kommun. År 1990 bestämde Volvo att området skulle byggas om till en konferensanläggning. Vid byggnationen tog man tillvara en del av de gamla byggnaderna, samt uppförde stugor av souterrängstil vilka inhyser 103 lägenheter. Efter detaljplanens bestämmelser är husen målade i en grå färg för att smälta in bland granitklipporna som de är byggda på. Detta är mycket lyckat då man knappt kan urskilja husen när man kommer sjövägen. Så gott som alla stugor har nämligen utsikt över fjordlandskapet.



Många stugor har utsikt över fjordlandskapet.

### Verksamhet idag

Under större delen av året håller Bokenäs öppet för konferenser inbokade av Volvo eller företag på något sätt knutna till Volvo. Konferensdeltagarna bor då i stugorna som är byggda parvis. Varje stuga innehåller två lägenheter, en på övervåningen och en på undervåningen. Lägenheterna är fullt utrustade med kök och badrum, där finns fyra sovplatser per lägenhet, vardagsrum och en stor balkong eller terrass vid den nedre lägenheten.

Konferenser hålls främst i centralbyggnaden där även reception, restaurang och bar finns. En del konferensverksamhet hålls även i Krusegården samt i ateljén på andra sidan området.

Under sommarmånaderna ändrar Bokenäs karaktär. Vid denna tid kan anställda på Volvo hyra lägenheter veckovis och semestra vid kusten. Användningen av



Ateljén ligger i andra änden av anläggningsområdet.

anläggningen skiftar en aning, trycket på själva lägenheterna och allmänna utrymmen utomhus blir större, medan konferensrummen används i mindre utsträckning. Gästerna lagar mycket mat själva i lägenheterna och man öppnar under sommaren en liten lanthandel i en del av centralbyggnaden. Organiserade verksamheter för barn förekommer, såsom seglarskola för de lite äldre samt Krabbaklubben för de yngre. Badplatser och hamnplatser används också i större utsträckning under sommaren.

### **Miljöprofil**

Speciellt för Bokenäs är att hela anläggningen har en genomarbetad miljöprofil. På Bokenäs hemsida står: "Vi satsar på återvinning, källsorterar soporna och använder bara miljögodkända produkter." ([www.bokenaes.com/omoss/miljo.htm](http://www.bokenaes.com/omoss/miljo.htm)) På hemsidan beskrivs vidare hur allt gråvatten inom anläggningen tas omhand. Först går det genom en försedimentering, därefter till en biobädd och slutligen till ett kemsteg, där fosfor fälls ut. Allt bioslam och kemslam går till en röt-kammare. I röt-kammaren förenas det med svartvatten och rötas för att bilda gödselmedel och biogas, vilken sedan bland annat används för att värma röt-kammaren. Efter kemsteget går det renade gråvatten till ett dammsystem för att slutligen gå till den tekniska våtmarken där det kvarvarande kvävet tas omhand. Det helt renade vattnet återanvänds sedan för wc-spolning i området. Våtmarken har designats av professor Petter Jensen från tekniska fakulteten på NLH, lantbrukshögskolan i Ås, Norge.

# ANALYS AV BOKENÄS

skala 1:2000



-  områdesavgränsning
-  knutpunkt
-  utsikter
-  landmärke
-  stråk, ofta använt
-  gräns och barriär
-  tall
-  salix
-  ek
-  bok
-  björk
-  al
-  asp
-  äppelträd
-  hamlad oxel

## Analys av området

Konferensanläggningen Bokenäs ligger i det bohuslänska fjordlandskapet. Terrängen är kuperad men där är också en del flacka ytor och flertalet bondgårdar finns i området. Bokenäs ligger på fastlandet och till skillnad från landskapet längre ut på kusten finns här en hel del vegetation i form av ädellövsskog med ek och bok men även tall, al, björk och en.

Det första tecknet på konferensverksamhet man möts av då man kommer bilvägen till Bokenäs är en relativt stor parkeringsyta. Lite längre fram på vägen finns ännu en parkeringsyta, fast på motsatt sida. Under sommarmånaderna, när alla stugor är uthyrda till anställda på Volvo, är båda parkeringsytorna så gott som fulla. Kör man vidare över bäcken kommer man till ännu en parkeringsplats samt ateljén. I anslutning till ateljén finns en del aktivitetsytor såsom en minigolfbana, tennisbanor, gräsplan och bouleplaner. I ena änden ligger också vattenreningsdammarna.



En utav Bokenäs reningsdammar.

Vid parkeringsplatsen står en rad med tio relativt gamla, hamlade oxlar. Vid bouleplanerna finns två stora björkar och en poppel står bredvid gångvägen mellan sportplanerna. Poppel är cirka 30 meter hög och utmärker sig genom sin lite speciella form och proportion. Placeringen mitt på fältet gör den dessutom till en sorts landmärke. Vid minigolfbanan står en grupp mindre äppelträd.

En bäck skär tvärs genom konferensområdet och kan sägas dela detta i två till karaktären olika delar: den östra delen med stugorna och centralbyggnaden där konferenserna främst äger rum, och den västra delen med sportplanerna som i större utsträckning används



Raden av oxlar och poppel i den södra delen av området.

sommartid. Bäck, som sträcker sig från havet i söder till parkeringarna norrut utgör således en sorts barriär i området. Denna kantas av typisk växtlighet, såsom al och asp. Bäck blir bredare närmare mynningen till havet och här växer även vass.

För att från ateljén med parkeringen och sportplanerna komma till centralbyggnaden och stugorna kan man välja mellan två gångvägar. Den ena gångvägen korsar bäcken ganska nära havet och bäckens mynning ut mot viken. Härifrån har man dagtid utsikt över vattnet. En backe leder förbi röttkammaren och ett utav de äldre husen, vilket idag används av seglarklubben. Sedan kommer man upp alldeles i anslutning till centralbyggnadens ena gavel och ser hela den sydvästvända fasaden.



Utsikt över vattnet från ena gångvägen samt områdets norra bro över bäcken.

Den andra vägen från ateljén går förbi poppel och vidare över ännu en gångbro. Denna bro är mer instängd av vegetationen kring bäcken, dels har man ingen utsikt över havet och dels är här mörkare. Efter bron kommer man ut på en ganska öppen ängsmark för att sedan gå upp för en brant backe fram till

entrévågen. Denna väg är körbar och används dagtid av besökare till centralbyggnaden samt för handkappade och för transporter. Besökare som stannar längre använder inte denna väg annat än som gångväg. Vägen leder fram till miljöstationen med sopsortering och en mindre parkeringsplats för korttidsbesökare. Sedan delas den till en väg som leder upp till stugorna samt en som leder fram till centralbyggnadens entré.



Centralbyggnadens entré.

Centralbyggnaden byggdes ut år 2000 och då flyttade man entrén till den nybyggda, östra delen. Jag ritade en vändplats och ny entré utanför tillbyggnaden. Den tidigare entrén låg i andra änden av byggnaden och det var viktigt att kunna leda besökare till den nya entrén på ett bra sätt. Detta försökte jag göra genom vändplatsens utformning och genom att sätta två buskträd av typen *Aralia elata* som entrémarkörer. Man kan se att det inte har fungerat fullt ut och därför har en stor skylt satts upp som det står reception på för att tydliggöra. Ytterligare en skylt finns bredvid den gamla entrén, där lanthandeln huserar om somrarna. Denna skylt är dock skriven med ett annat typsnitt än det som används på skylten vid receptionen.

Går man förbi entrén och nerför en relativt brant backe kommer man till Krusegården. Huset är en sorts blickfång och fungerar som ett optiskt avslut på den väg som leder fram till entrén och vändplatsen.

Den sydvästvända delen av centralbyggnaden har vuxit en våning och har en stor altan i trä. Nedanför altanen finns en gräsplan som sedan övergår i



Skylden som förtydligar entrén. I bakgrunden ligger Krusegården som blickfång.

trädbevuxna bergsknallar. Från bergsknallarna vid gräsmattan eller via gångvägen förbi Krusegården kommer man ner till hamnen och havet. Vid Krusegården går man via en trappa av trä och från gångvägen vid gräsmattan går man via en ramp, byggd i samma sorts trä som trappan.



Rampen ner mot hamnen. Fina tallar kantar denna gångväg.

Nere vid bryggorna känns det som om man kommit ifrån konferensbyn. Troligen beror detta på den större närvaron av havet. Det tar liksom över ens uppmärksamhet. Dels genom den stora vidden som öppnar sig, man ser långt ut i fjorden. Själva luften ändras dessutom, man känner havslukten tydligt, och

ljudet av kluckande vatten tar över allt annat ljud. Vänder man sig om och blickar upp mot konferensanläggningen får man dock en fin vy av bebyggelsen, och då speciellt av Krusegården som sticker ut mer i sin färgsättning.



Krusegården syns från hamnen och reflekteras även i vattnet.

### Slutsatser av analysen

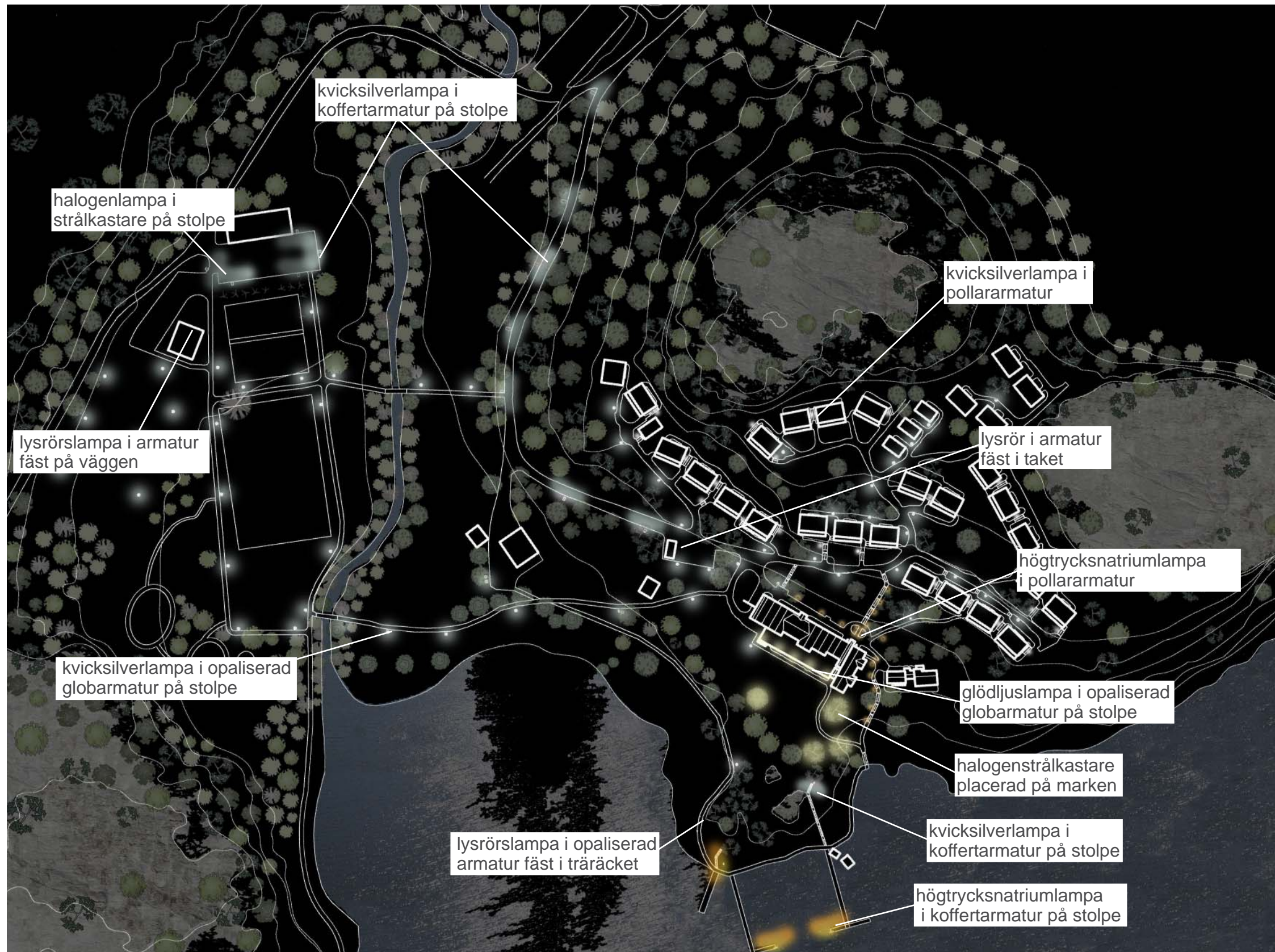
Genom min analys har jag kommit fram till att området kring konferensanläggningen har en del kvalitéer som kan vara fina att belysa.

Här finns stråk, utsikter och vyer, knutpunkter och landmärken. De skulle på olika sätt kunna användas i belysningen för att förtydliga rumsliga samband och knyta samman området ytterligare under den mörka delen av dygnet.



# ANALYS AV DEN BEFINTLIGA BELYSNINGEN PÅ BOKENÄS

skala 1:2000



## Analys av belysningen idag

Då man närmar sig Bokenäs är ett första tecken på konferensverksamhet de två parkeringsplatserna i norr. Jag har inte koncentrerat mig på belysningen av dessa parkeringsplatser då de ligger lite utanför själva vistelseområdet och eftersom de främst används under sommaren när belysningen knappt används. Nästa parkeringsplats är den vid ateljén och denna är belyst med kvicksilverlampor i fem likadana koffertarmaturer på höga stolpar. Ljuset är kallt vitt och den höga placeringen får mig att associera till sportanläggningar. På stolpen närmast den gångväg som leder till ateljén sitter en strålkastare i svart armatur. Stolpen är försedd med en rörelsedetektor och lampan tänds endast då någon passerar. Detta ljus skiljer sig från det övriga parkeringsljuset genom att ljuskällan är en halogenstrålkastare och ljuset således har en varmare vit karaktär.



En strålkastare vid parkeringen styrs av en rörelsedetektor.

Ateljén är belyst med fyra armaturer vilka är fästa cirka två och en halv meter upp på fasaderna och är försedda med kompaktlysrör. Ljuset är vitt, sprids enbart nedåt och bidrar inte till att man får någon direkt uppfattning om hur huset ser ut, förutom att man ser en del av dess gråmålade träpanel.

Genomgående i området används opaliserade globarmaturer på stolpar. Armaturerna är bestyckade med kvicksilverlampor och de ger ett kallt vitt till en aning grönaktigt ljus. Globerna är något bländande och kanske hade det fungerat bättre om de varit av klart glas då ljuset inte diffuserats så mycket genom den opaliserade kåpan. Eftersom globarmaturen inte har någon avskärmning sprids ljuset åt alla håll och endast lite ljus reflekteras ner på marken. Jag tycker



Opaliserade globarmaturer används genomgående i området.

att de här armaturerna är ganska ineffektiva och att de inte skapar ett speciellt fint stämningsljus. Platser där jag upplevt att globarmaturer av denna typ fungerar har annan belysning utöver globerna. Jag tror att en hög allmän ljusnivå krävs för att man skall uppleva denna typ av belysning som mindre bländande. I en mörk miljö som Bokenäs blir detta ljus alldeles för skarpt och man får ingen överblick över parken som helhet.

Vid bouleplanen finns en halogenstrålkastare likt den vid parkeringen. Denna strålkastare har dock ingen rörelsedetektor, utan den sätts på manuellt genom en strömbrytare på stolpen. Broarna som korsar bäcken ligger i mörker och den norra bron känns ännu mörkare än den södra, antagligen som följd av att den är mer insluten bland vegetation.



Den norra bron över bäcken.



Efter den norra bron kommer man upp på områdets infartsväg. Denna väg är dimensionerad för bilar och så är även belysningen. Koffertarmaturer likt dem på parkeringen kantar vägen och kvicksilverlamporna har ett klart vitt ljus. Armaturerna passar bra till denna typ av väg. Lamporna känns inte så bländande som de i globarmaturerna och att de sitter på en högre höjd gör dem mindre påtagliga. Höjden och den glesa placeringen av stolparna gör att ljusstyrkan hålls på en för platsen passande låg nivå.



Belysning på infartsvägen.

Rötkammaren är liksom ateljén fasadbelyst med kubformade armaturer.

När man kommer fram till bebyggelsen möts man först av miljöstationen. Denna är belyst av tre runda armaturer fästa i taknocken. Ljuskällorna är cirkulära lysrör med ett varmvitt, ganska behagligt ljus. Med denna sorts armaturer visas byggnaden upp på ett betydligt bättre sätt än vad väggarmaturerna på de övriga byggnaderna gör.

Vid centralbyggnaden möts man av en ny armatur och ljus. Armaturen är en pollare, typ Johanna från Thorn, och ljuskällan är högtrycksnatrium med ett mycket gulorange ljus. Detta får mig att associera till motorvägar och jag tycker inte att ett sådant ljus passar vid en huvudentré, i alla fall inte denna där byggnaden intill och hela kompositionen av området har en kall grå ton. Ljuset sprids, som med flertalet pollare, nedåt och det bildas en mörk punkt kring pollarens fäste vid marken. Själva spridningen av



Miljöstationens belysning visar byggnaden på ett bättre sätt än vad övriga byggnaders väggfasta armaturer gör.

ljuset är bra och pollarnas höjd passar in eftersom centralbyggnaden är låg åt detta håll. Det sluttar dessutom ganska brant upp mot stugorna och entrévägen blir en aning inklämd. Höga stolpar hade antagligen klämt in vägen ytterligare. Jag tycker dock att en lägre effekt på lamporna i pollarna är motiverad, ljuset är väldigt starkt. Äldre modeller av samma typ av pollare, Johanna från Thorn, är även placerade utanför stugorna, men dessa är försedda med kvicksilverlampor. Trots den något gröna tonen ger detta ljus ändå ett fräschare intryck som passar mycket bättre till de grå fasaderna.



Vid centralbyggnaden blandas olika ljuskällor och armaturer.

Det är tätt inne i centralbyggnaden och detta ger alltid ett trevligt och inbjudande intryck, så att huset inte står och "gapar".

Altanen kantas av globarmaturer. Ljuset från dem är något varmare vit än ljuset från de övriga globarmaturerna. Antagligen används glödlampor. Detta är bättre eftersom ljuset inte är riktigt lika bländade.



Ljuset från altanens globarmaturer är varmt vit.

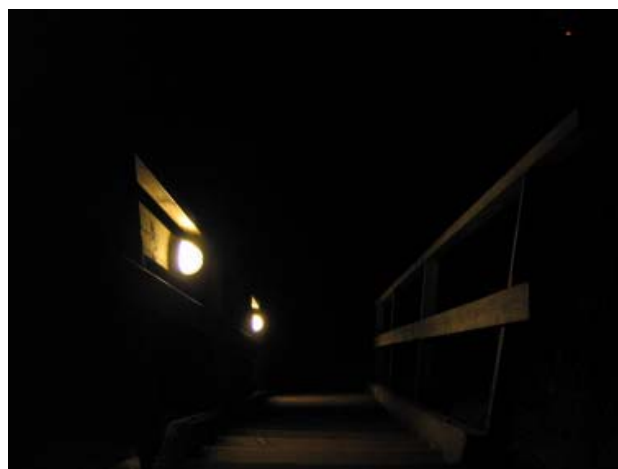
Nedanför altanen belyses tallar och ekar underifrån med strålkastare. Ljuskällan är halogen vilket ger ett varmt ljus med god färgåtergivning. Armaturen har en bred ljusbild och samtliga träd har samma typ av belysning. Det är fint, men här finns inget djup eller kontraster i belysningen. Halogenstrålkastare är dessutom ett mindre effektivt och oekonomiskt belysningsalternativ. Fyra strålkastare av denna typ är placerade här.



Träden utanför altanen är belysta med halogenstrålkastare.

Trappan och rampen ner till hamnen är belysta genom en sorts armatur som är fäst i räcken. Denna armatur är oval och har en opaliserad kåpa. Ljuskällan är lysrörslampa vilken ger ett varmt vitt

ljus. Ljuset återger träets nyanser på ett fint sätt. I rampen är en av dessa lampor trasig och det gör platsen en aning mörk.



Armaturer i trappan ner till hamnen.

Nere vid hamnen finns några armaturer försedda med högtrycksnatriumlampor. Dels vid utomhusduschen, precis när man kommer ner för rampen. Här står en låg stolpe med koffertarmatur. Återigen är det lite udda med det utstickande orangea ljuset, men här nere vid vattnet känns det som om man på något sätt har kommit till en ny plats. För min del är det således lättare att acceptera det orangea ljuset här och det får dessutom graniten att se ganska speciell ut. Högtrycksnatriumlampor används också på två stolpar vid infarten till hamnen. Här har man placerat två koffertarmaturer per stolpe. Det är en ganska spännande miljö vid vattnet och mycket skulle kunna belysas, men man får också fråga sig hur motiverad en sådan belysning skulle vara. Dels hur många som skulle uppleva den och som en följd av det, hur motiverad skulle en sådan belysning vara ur energisynpunkt?

### Slutsatser av belysningsanalysen

I stort kan jag tycka att belysningen av Bokenäs är ganska tekniskt orienterad. Den tillfredsställer måhända de behov på ljusnivåer som kan tänkas föreligga. Utöver trädbelysningen utanför centralbyggnaden får jag dock ingen behaglig känsla av ljussättningen. Globarmaturerna gör till exempel att man knappt ser någonting. Min åsikt är att en belysning som lyfter fram områdets kvalitéer samtidigt som den är funktionell och möter krav på ljusnivåer är att föredra.

### Idéförslag till ny belysning

Bokenäs ligger på landsbygden och omgärdas kvällstid av mörker. I mitt förslag till ny belysning har jag tagit fasta på mörkret och ser det som en kvalitet värd att bevara. Genom min analys har jag kommit fram till att en utveckling av dagens belysning främst borde ske kring centralbyggnaden och med de utsikter man kvällstid får inifrån denna byggnad i åtanke.

Övriga området, med den större parken och stugbyn, väljer jag att lämna relativt mörkt och i stort såsom det är idag. Jag anser dock att globarmaturerna inte är lämpliga i detta mörka område. Om globarmaturerna oftare omgärdats av träd och växtlighet som indirekt belysts av dem, hade ett användande varit mer motiverat. I de flesta fall står dock globarmaturerna i en helt öppen miljö. Mitt förslag är därför att använda någon typ av armatur som är avskärmad, så att ljuset inte går till spillo upp mot himlen utan en större del reflekteras ner mot marken och gångytorna. Till exempel kan armaturer av typen Johanna från Thorn användas, för att matcha de pollare som redan finns i området. En sådan ändring är enligt Kjell Karnerfors på Thorn ganska enkel eftersom man endast behöver byta ut armaturen, men kan behålla stolpen.



Armaturen Johanna på stolpe.

Ett annat förslag är att ta bort stolparna helt och placera lägre pollare i parken. Vinsten med detta alternativ är att man slipper se alla stolpar, som enligt min mening stör sikten i den öppna parken en aning.

Det är kanske inte lika lätt att hitta låga pollare som passar ihop med de befintliga pollarna, vilket främst skulle orsaka problem kring centralbyggnaden där de båda pollartyperna skulle synas tillsammans.



Exempel på lägre pollare.

Jag anser vidare att högtrycksnatriumlamporna i pollarna vid centralbyggnaden borde bytas till keramiska metallhalogenlampor för att ge platsen ett vitt ljus med bättre färgåtergivning. Enligt Kjell Karnerfors på Thorn kan man direkt byta till lampan CDO-ET från Philips. Färgtemperaturen är 2800 Kelvin, det vill säga att lampan har en relativt varmt vitt färg. Likt högtrycksnatriumlamporna har de en lägsta effekt på 70 watt, vilket jag tycker är en aning för starkt. Metallhalogenlampor kan dock ljusregleras genom elektroniska driftdon, något som också skulle spara energi och förlänga lampornas livslängd. (Philips lampguide 2004-2005)

Som namnet Bokenäs antyder finns det en hel del bokträd i området. Här finns också bland annat tall, al, björk, en och ek. I mitt belysningsförslag har jag valt ut en del av träden och vill med ljus framhäva deras karaktärer. Genom att skilja belysningen åt för olika trädsorter tror jag att det blir lättare att upprepa belysningen runt om i området utan att ge ett rörigt intryck. På så sätt skapas även kontraster mellan de olika trädsorterna och det blir ett slags djup i belysningen.

Bokträd har en mycket silveraktig och slät stam. Under vegetationsperioden är kronan kompakt. Bladen är läderaktiga och blockerar antagligen ljus ganska effektivt. Min ambition med belysningen av bokträden är att visa den silvriga, släta stammen. Jag lämnar kronan obelyst. Vintertid belyses stammen



Bokträd belyses med ett kallt vitt ljus i smalstrålande optik.

ända till trädets topp och sommartid blockerar kronan det mesta av ljuset och det man ser kvällstid blir därför främst stammen upp till kronan. Karaktären på ljuset är kallt vitt för att ytterligare förstärka silvrigheten i stammen. Ljusets spridningsvinkel är smal så att främst stammen belyses och inte så mycket av kronans undersida.

Tallar har enligt min mening en mycket fin arkitektur och färgkomposition. Med knotiga grenar som sträcks ut i olika plan blir tallen nästan som en naturlig bonsai. De blågröna barren kontrasterar fint till de roströda grenarna och barken har en vacker struktur. Träden behåller dessutom sin karaktär året om, och inget träd är det andra likt. Med tallbelysningen vill jag således visa upp hela trädet med alla dess kvalitéer. Detta åstadkommer jag genom att använda samma vita ljus som för bokträden, fast med en bredare spridningsvinkel för att få in hela kronan i ljuskäglan. Ljuset återger färger väl så att tallens färgkomposition blir tydlig.



Tallar får ett kallt vitt ljus i armatur med bredstrålande optik.

Björkar är mer eller mindre slöjaktigt hängande till sin karaktär. Grenarna är gracila och rör sig lätt i vinden. De ljusgröna bladen är relativt translucenta och förstärker det slöjaktiga uttrycket hos grenarna, vilka under vegetationsperioden mer verkar gå samman till ett sjok. Bladen blir dessutom gula och än mer genomskinliga innan lövfällningen på hösten. Med björkbelysningen vill jag visa detta lätta och slöjaktiga. Genom att belysa kronan snett underifrån på ena sidan betonas de hängande grenarna. En armatur fästs också på stammen och med ett nedåtriktat ljus förankras trädet med marken belysningsmässigt. Färgtemperaturen är något lägre för att återge de varmare ljusgröna och gula tonerna i lövverket.



Inspiration till björkbelysning. Installation från Jordbro 2004.

Ekar har en robust och stabil karaktär, men är ganska grå på något sätt. Med belysningen av ekträd vill jag främst visa kronans form. Detta gör jag genom att belysa trädet från två olika håll och på så sätt visa kronans volym. Också här används ett ljus med lägre färgtemperatur.

Flest träd för belysning väljs ut kring centralbyggnaden och Krusegården efter resonemang som jag har beskrivit ovan. Kring centralbyggnaden vill jag att ljuset skall ha en kall färgtemperatur för att passa in med byggnadens grå färg. Träden här utgörs främst av bokar och tallar, så valet av färgtemperatur går i linje med hur dessa träd skall belysas. Själva byggnaden väljer jag att lämna som den är. Jag tror till och med att de befintliga fasadfästa armaturerna

skulle kunna tas bort. Denna byggnad utgör platsens mittpunkt, får störst uppmärksamhet och är kanske det man främst ser dagtid. Under de mörka timmarna vill jag att tyngdpunkten istället skall ligga på rummet kring byggnaden. Att man dessutom ofta befinner sig inne i centralbyggnaden kvällstid och har utsikt från den förstärker detta resonemang ytterligare. Det enda ljus jag vill sätta i direkt anslutning till byggnaden är någon sorts markör, så att man när man närmar sig den kan se vart man ska gå in. Att belysa de träd som är entrémarkörer är en idé. Här tänker jag frångå den kalla ljustemperaturen och använda någon sorts glödljus. Detta i ett försök att knyta samman insidan med utsidan genom att använda samma sorts ljuskälla. Kontrasten mellan det varma och det kalla runt omkring medför förhoppningsvis att entrén är lättare att upptäcka.



Entrén markeras med glödljus.

De mörka timmarnas juvel i mitt belysningstema är ändå Krusegården. Med sin i området unika karaktär och centrala position tycker jag att Krusegården är ett självklart belysningsobjekt. Huset är dessutom en mycket fin fond då man närmar sig centralbyggnadens entré. Obelyst, som i dagsläget, försvinner Krusegården i mörkret och man rör sig istället mot "ett svart hål". Att åstadkomma denna fond och få ett avslut på entrévägen samtidigt som man visar upp platsens kulturella arv tycker jag är viktigt. För att understryka att Krusegården skiljer sig från resten av området väljer jag att fasadbelysa den i en varmare ton. Detta dels för att förstärka husets orangea färg och dels för att skapa kontrast

mot det kallt vita området kring centrumbyggnaden. Runt Krusegården finns träd som får belysning i en varmare ton, tillsammans blir det en sorts "varm zon".

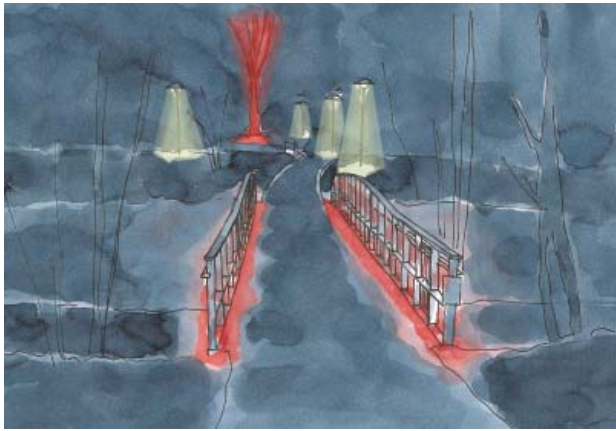


Krusegården får ett varmt ljus som förstärker husets färg.

I min analys konstaterade jag bland annat att området kan sägas bestå av två delar vilka skiljs åt av en bäck. För att ge denna barriär som bäcken utgör mer uppmärksamhet väljer jag att belysa de två gångbroarna över bäcken med ett ganska starkt rött ljus. Det stora landmärket poppeln på västra sidan av bäcken belyses även det med rött ljus.



Broarna får röd ljussättning.



Den norra bron och poppeln i rött.

Resten av området lämnas, som nämnts ovan, relativt mörkt. Lämpliga träd kring stråk och utsikter kan dock väljas ut för att bilda ljuspunkter i mörkret. På detta vis kan anläggningens belysning byggas ut med tiden och man kan välja att lägga till eller ta bort ljuszoner.

Sammanfattningsvis vill jag med detta belysningsprogram åstadkomma en ljussättning där större delen av området lämnas mörkt eftersom Bokenäs ligger på landsbygden. Belysningen koncentreras till området kring centralbyggnaden för att skapa ett större rum kring denna och på så vis få en vidare utsikt kvällstid. Träd ljussätts på olika sätt för att framhäva deras karaktärer. Den gamla Krusegården får en varm ton för att skilja den från resten av byggnaderna och för att skapa ett slut och ett blickfång på entrévägen.

Broarna som går över områdets barriär, bäcken, får en röd ton. Det får även landmärket, den stora poppeln, på områdets västra del. Med denna ljussättning vill jag skapa något som sticker ut och ger lite spänning till området.

## Provbelysningen

Mellan den 17 och den 20 februari år 2006 utförde jag probbelysningar på plats i Bokenäs. Jag fick låna en del lampor från Philips, Marelco Vinga och Thorn i Göteborg. Det var inte lätt att få tag på en större mängd av armaturer, armaturer med rätt spridningsvinkel, färgtemperatur och så vidare, men till slut kunde jag låna tillräckligt många för att kunna visa själva idén. Jag använde följande armaturer vid probbelysningen:



iGuzzini Linealuce #7867, Marelco Vinga  
6x10W 12V xenon, symmetrisk optik.



Till vänster: iGuzzini Miniwoody #7318, Marelco Vinga  
50W 12V halogen GY 6.35 2800K,  
spotoptik (5-15°).



Till höger: iGuzzini Woody #7337, Marelco Vinga  
75W 12V halogen GY 6.35 2800K,  
floodoptik (15-50°) med bländskydd.



Philips  
LEDline2 BCS 716 24xLED-LXN röd (629 nm) á 1W 230V,  
smalstrålande 6°.

Äldre modell LEDline BCS 706 röd (629 nm) 22W 55V externt  
förförkopplingsdon, smalstrålande 6°.



iGuzzini Maxiwoody medium #5659, Marelco Vinga  
150W 230V metallhalogen MT G 12 3000K, mediumoptik (20-25°).



Till vänster: Contrast Pinspot #77 630 08, Thorn  
35 W 230V metallhalogen MR PAR 20 E 27 3000K,  
spridningsvinkel 30°. IP 65

Till höger: QBA 2 #77 671 68, Thorn  
150W 230V metallhalogen MT G12 3000K, rotationssymmetrisk,  
smalstrålande.

## Utförandet

Vid Krusegården ville jag prova att fästa en linjär ljuskälla under taket. Syftet var att ljuset skulle "rinna" nedför fasaden samt lysa upp en del av marken nedanför. Genom att belysa på detta vis syns husets relief på ett annat sätt än om man belyser framifrån med en spotlight, då fasaden istället får ett plattare uttryck.

Min tanke var att probbelysa med linjära LED eftersom det skulle vara bra att använda denna ljuskälla ur energi- och underhållssynpunkt. Jag garderade mig dock med andra typer av armaturer och utöver LEDline från Philips i färgen Amber

provade jag en LEDline i vitt, 5000 Kelvin, för att se skillnaden mellan färgerna. Jag provade även en xenonbestyckad Linealuce samt en Linealuce med ett T16 lysrör, båda från iGuzzini, Marelco Vinga.

Min slutsats är att Linealuce bestyckad med xenonlampor ger det uttryck som jag var ute efter i mitt idéförslag. Xenonlamporna ger det fylligaste ljuset med kontraster och variationer i ljusbilden. Färgtemperaturen är varm och tar på ett fint sätt fram den orangea tonen och reliefen i träet.

Linealuce bestyckad med lysrör fungerade inte bra. Här blev resultatet för platt eftersom ljuset sprids i samma styrka längs hela röret. Med xenon sker ljusalstringen, trots den linjära armaturen, ändå punktvis och detta ger ett mindre platt ljus. Den för lysrör specifika tonen (även med varmvit färgtemperatur) passade inte alls med Krusegårdens fasadfärg, inte ens när jag provade med ett ljusorange filter.

LEDline kunde med sin punktvisa ljusalstring vara ett bra val. Jag tycker dock att de armaturer jag provade hade för hög ljusstyrka och även här blev resultatet något platt. Tonen Amber visade sig vara alldeles för orange och den vita var för kall.



Armaturen Linealuce bestyckad med xenonlampor belyser Krusegården.

Eftersom jag endast kunde låna en Linealuce med xenonlampor gick det inte att se effekten som helhet över hela Krusegården. För att ändå få möjligheten att se hur en belyst Krusegård skulle bli som fond på

väg mot centralbyggnadens entré använde jag två spotlights bestyckade med halogenlampor. Halogenlampan ger samma typ av ljus som xenonlampan. Genom att belysa med spotlighterna fick jag se skillnaden mellan att belysa på detta sätt och att fästa de linjära lamporna under taket. De två spotlighterna var en 50 watts Miniwoody med spotoptik och en 75 watts Woody med floodoptik, båda från iGuzzini, Marelco Vinga.



Skillnaden mellan ljuset från spotlights och linjär belysning.

Framför Krusegården står ett mindre bokträd. På grund av trädets nuvarande storlek och placering i "den varma zonen" vid Krusegården valde jag att belysningsmässigt behandla boken som en ek. De två halogenspotlighterna fick därför belysa trädets krona.



Boken framför Krusegården belyses med ett varmt vitt ljus.



Vid centralbyggnadens entré fick jag problem. Min idé var att belysa de två parkaralior som markerar entrén med halogenspotlighter. Trädens skuggor skulle falla på fasaden och därmed ge en intressant detalj. Detta visade sig dock inte vara möjligt, dels eftersom ett utav träden hade dött och dels eftersom fasaden på ena sidan entrén är för liten, större delen består av fönster. Jag fick tänka om och provade med att projicera skuggorna på marken istället. En annan idé var att frångå träden helt och istället belysa marken framför entrén uppifrån taket, så att en ljuspunkt bildas precis vid ingången. Till testerna använde jag Miniwoodyns glödljus. Båda sätten fungerade ganska bra, men en effekt på 50 watt är för starkt. Det är nog också svårt, i fallet med belysningen av entréträden, att åstadkomma en bra effekt som inte bländar.



Skuggorna från parkaralian projicerade på marken.



Spotlight på taket belyser marken utanför entrén.

Till bokträden kring centralbyggnaden användes armaturerna Contrast Pinspot och QBA2, båda från Thorn. Provbelysningen av bokträden blev i stort sett som jag tänkt mig i idéförslaget. Den smala ljusstrålen följer stammen väl, men jag tycker att en armatur bör placeras på var sida av stammen så att hela trädet belyses. 150 watt ger ett alldeles för starkt ljus, 35 watt räcker gott och väl. Färgtemperaturen 3000 Kelvin passar bra, men för att skapa kontrast till andra träd kan kallare färgtemperatur användas.



Belysningen av bokträden koncentreras till stammarna för att visa upp den silvergrå färgen. Det främre trädet är belyst med en 35 watts metallhalogenlampa, vilket passar bra.

Tallarna belystes med armaturen Maxiwoody medium från iGuzzini, Marelco Vinga. Färgtemperaturen bör vara kallare även här. Ljusets spridningsvinkel är för smal, hela kronan fångas inte in av ljuskäglan. Effekten 150 watt är också i detta fall för stark.

Samma armatur används vid poppeln på andra sidan bäcken. Med rött filter passar både spridningsvinkel och effekt utmärkt.

Till bron användes två röda smalstrålande LEDline från Philips. Jag tycker att den äldre modellen med något lägre ljusstyrka ger ett bra ljus, det skulle till och med gå att sänka ljusstyrkan ytterligare. Snön reflekterade förstås ljuset mycket och eventuellt är effekten ändå bra som den är. Jag provade lite olika positioner för armaturerna, för att se hur ljuset blev med armaturerna placerade under handledaren,



Armaturen Maxiwoody medium har en för smal spridningsvinkel för tallbelysningen. Lampans effekt, 150 watt, är också en aning för stark.



Maxiwoody medium försedd med rött filter passar bra till poppen.

under bron, på sidan och så vidare. Efter testerna kom jag fram till att placering på sidan var bäst. Dels därför att man då åstadkommer ett randigt mönster på bron men kanske framförallt för effekten av ljuset som går genom mellanrummen i brons träbjälkar och sedan belyser växtligheten kring bäcken. På detta vis markeras ytterligare bäckens roll som barriär. Med belysning på båda gångbroarna skulle dessutom det röda ljuset från de olika hållen i princip mötas och effekten skulle bli ännu tydligare.



Placering av LEDline på sidorna belyser inte bara bron utan även växtligheten på bäckens slänter.

Björkar och ekar provbelyste jag inte under min helg i Bokenäs. Detta berodde dels på tidsbrist och dels på att jag inte hade de lampor jag tänkt belysa träden med. Eftersom jag tidigare belyst björkar enligt samma koncept som jag tänkt för Bokenäs prioriterade jag därför bort dem denna gång. När det gäller ekar stod det inga i närheten av de platser jag tyckte var viktigast att provbelysa. Jag nöjde mig därför med att se hur belysningen av bokträdet framför Krusegården blev, vilket belystes såsom jag tänkt att ekar ska belysas. Inför en eventuell permanent installation måste dock även dessa träd provbelysas.

### **Slutsatser av provbelysningen**

Inför provbelysningen inriktade jag mig på att göra en så miljövänlig belysningsinstallation som möjligt. Jag ville prova olika LED-armaturer, även som strålkastare för träd. Då det var svårt att låna många armaturer av en typ ändrade jag linje en aning och bestämde mig istället för att låna och prova allt jag kom över, vilket var lyckosamt. Jag hade föreställt mig hur resultaten skulle se ut i verkligheten och trodde till exempel att LEDline av typen Amber skulle fungera utmärkt på Krusegården. Detta visade sig vara fel och då var det passande att ha flera andra ljuskällor till hands. Att jag inte hade tillräckligt många armaturer för att visa ett fullständigt belysningsförslag kändes från början tråkigt, men till slut insåg jag att jag ändå fick se tillräckligt med de armaturer jag hade och att jag genom dem kunde få en bra uppfattning om hur ett fullständigt resultat kunde se ut. Min slutsats av provbelysningen är således att det är bättre att låna många olika typer av armaturer och ljuskällor för att på så sätt ha en bredare utgångspunkt.

Något som jag tycker är svårt är fotografering av installationer. Kameran registrerar inte på samma sätt som våra ögon och ljuset från pollarna i Bokenäs var till exempel så starkt att de förtog provbelysningens effekt något. Också pollarnas färgtemperatur komplicerade inställningarna för fotograferingen.

## Revidering

Efter resultaten av provbelysningen har jag reviderat min belysningsidé för Bokenäs.

Bokträd belyses med 35 watts keramisk metallhalogenlampa i färgtemperatur 4200 Kelvin. Armaturen skall vara en smalstrålande markstrålkastare. En armatur placeras på vardera sida om trädet. Totalt används två armaturer per träd.

Tallar belyses med 70 watts keramisk metallhalogenlampa i färgtemperatur 4200 Kelvin. Armaturen skall vara bredstrålande markstrålkastare, eventuellt asymmetrisk för att fånga in hela kronan. Alternativt används två bredstrålande armaturer på var sida av trädet, då bestyckade med 35 watts lampor.



Så här skulle det kunna se ut om tallen blev belyst med en bredstrålande armatur. Fotot är redigerat i Photoshop.

Björkar belyses uppåt med 35 watts metallhalogenlampa i färgtemperatur 3000 Kelvin. Armatur med floodoptik (ca50°) ska användas. Stammen och marken belyses med en 70 watts metallhalogenlampa, 3000 Kelvin, med fresnellins för att fokusera ljuset till en punkt.

Ekar belyses med likadana 35 watts metallhalogenlampor som björkar, två armaturer per träd. De riktas dock annorlunda, snett uppåt med fokusering på kronan. Avbländningen är mycket viktig.

Marken utanför entrén belyses med en spotlight, exempelvis Miniwoody med spotoptik (ca 10°), 50 watt halogenlampa. Ljuset regleras sedan till lagom ljusstyrka. Färgtemperaturen skall vara 2800 Kelvin.

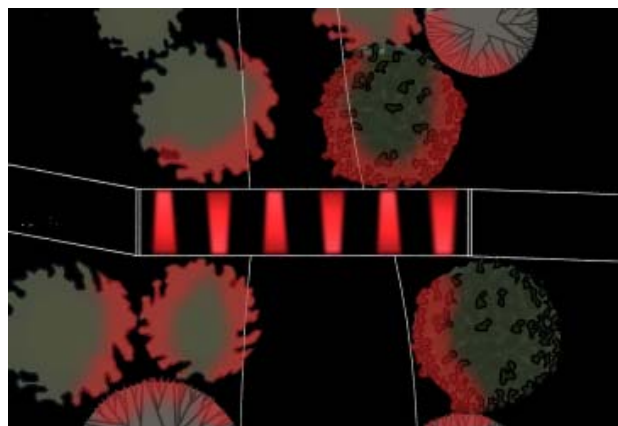
Bokträdet vid Krusegården får belysning i varm ton. Två bredstrålande markstrålkastare bestyckade med 35 watts keramisk metallhalogen används lämpligen. Färgtemperaturen skall vara 2800 Kelvin och armaturerna riktas snett nedifrån, som hos ekträden, för att belysa kronan.



Entrévägen med Krusegården belyst i fonden. Tallen och de två främre bokträden skall i verkligheten belysas med ett något kallare vitt ljus. Fotomontage.

Krusegården belyses med glödljus i linjära armaturer. Lämpligen används Linealuce från iGuzzini, Marelco Vinga med symmetrisk optik, 2800 Kelvin. Armaturerna fästs under taknocken och såpass nära varandra att ljuskäglan från en armatur precis möter den från nästa armatur.

De två broarna får rött ljus med LEDline från Philips. Armaturerna sätts växelvis på var sida av broarna, se skiss nedan.



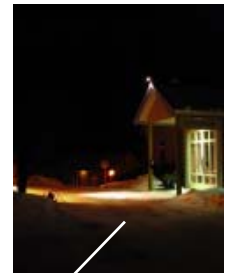
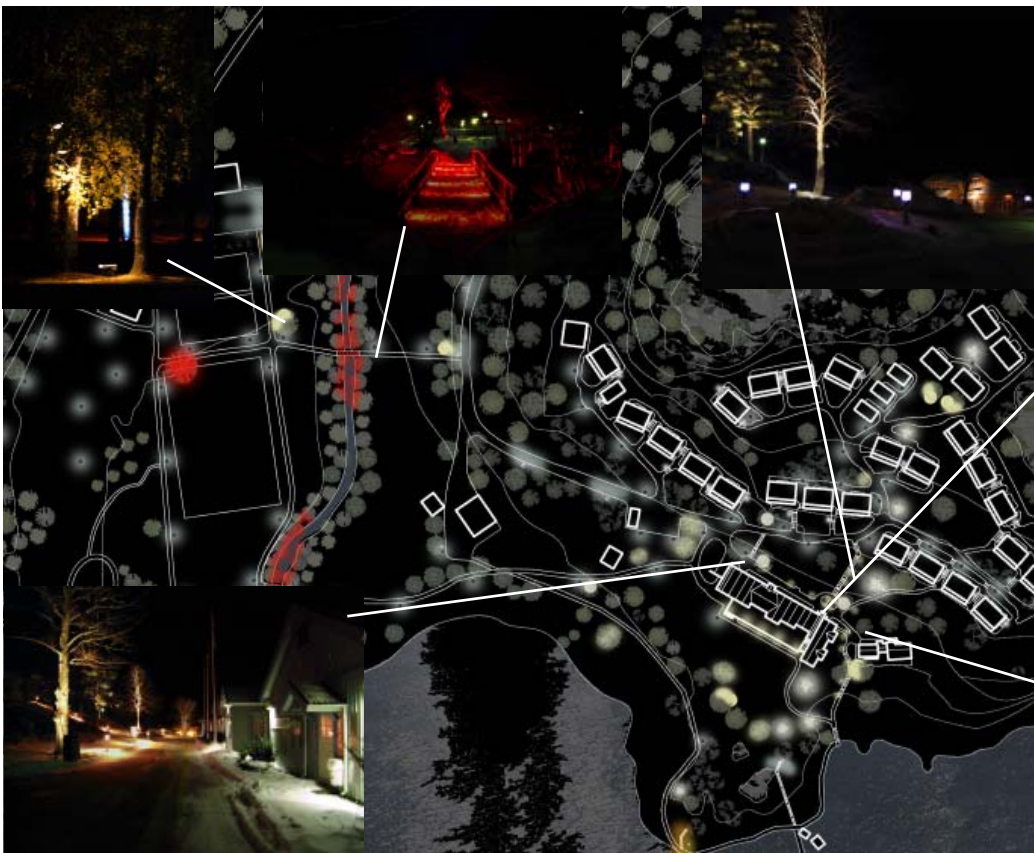
Detalj över belysningen av en bro. LED-armaturerna placeras växelvis på höger respektive vänster sida av bron.

Poppeln belyses med en 150 watts keramisk metallhalogenlampa med mediumoptik, markstrålkastare. Armaturen förses med en röd lins i samma ton som LED-armaturernas röda ljus, det vill säga 629 nm.



Den norra bron och poppel. Fotomontage.

För att ge ett komplett förslag till belysning av Bokenäs måste naturligtvis en andra provbelysning ske, där fastställning av antal armaturer, positioner och avskärmning kan ske.




# PLAN ÖVER BELYSNINGSPROGRAM


skala 1:2000





1. Ljuskällor i pollarna byts till metallhalogen med keramisk brännare, 35 W.

2. Globarmaturerna byts ut till en armatur som riktar ljuset nedåt.

 Bokträdens stammar belyses med kallt vitt ljus, 4200 K. Två smalstrålande armaturer á 35 W används. (3-exempel)

 Tallar belyses med kallt vitt ljus, 4200 K, 70 W. (4-exempel)

 Björkar belyses med två bredstrålande armaturer á 35 W. Varmt vitt ljus, 3000 K används. (5-exempel)

 Ekar belyses med två bredstrålande armaturer á 35 W. Varmt vitt ljus, 3000 K används. (6-exempel)

7. Krusegården ljussätts med varmt vitt ljus, 2800 K i linjära armaturer fästa under taket.

8. De två broarna ljussätts med rött ljus från LED-armaturer.

9. Poppeln belyses med 150 W keramisk metallhalogenlampa. Armaturen förses med ett rött filter i samma ton som LED-ljusets.

## Kontrollsystem

Den typen av belysning som jag föreslår till Bokenäs behöver inte vara tänd varje kväll året om. Det är snarare så att den till exempel skulle passa att tända då man vet att gäster kommer att befinna sig i området.

Belysningen på broar och poppeln kan styras med rörelsedetektorer. Detektorerna placeras då relativt långt bort från broarna och trädet, så att man kan få chansen att se belysningen på håll och inte bara plötsligt befinna sig i det. Lämpliga placeringar för detta kunde vara parkeringen vid ateljén, där det också redan finns en rörelsedetektor, någonstans vid reningsverket för den södra bron och någonstans på tillfartsvägen för den norra. Alla lampor skall aktiveras av varje rörelsedetektor så att man får se hela belysningen. Det är alltså inte så att detektorn vid reningsverket enbart tänder den södra bron.

Rörelsedetektorer skulle också passa att tända belysning av träd som ligger lite avsides, vid gångstråk. Detta är till exempel träd uppe vid stugorna eller nere vid havet. Också de här detektorerna bör placeras en bit ifrån så att ljuset tänds när man befinner sig en bit från respektive träd.

Problemet med detta system kan vara rörelsedetektorer i kombination med metallhalogenlampor eftersom dessa lampor tar några minuter att återtända efter att de släckts. Eventuellt skulle man kunna ha dessa lampor kopplade till en egen krets, vilken sedan tänds från centralbyggnaden vid lämpliga tillfällen. Då är det istället viktigt att personalen engagerar sig och tar ansvar för belysningen. Vilket system som väljs får förstås bestämmas tillsammans med personalen på Bokenäs.

De lampor som belyser träd vid centralbyggnadens entré och de man ser inifrån byggnaden tänds lämpligen i samband med övrig belysning i området. Samma gäller belysningen av Krusegården.

## Installation

De områden som jag tycker är viktigast att belysa är Krusegården samt träden närmast denna och centralbyggnaden. Även broarna och salixträdet tycker jag är viktiga att belysa så att något händer i området utanför det kring centralbyggnaden. Å andra sidan ligger lite i finessen av belysningen i att de olika trädtypernas belysning upprepar sig även utanför centralområdet. Att de som tar sig iväg på en promenad på så sätt får en liten överraskning.

## Reflektion över belysningsprogrammet

I min idé hade jag ambitionen att göra ett så miljövänligt och hållbart förslag som möjligt. Där lite energi används och underhållskraven är låga. Som jag beskrivit ovan var det svårt att utföra en sådan provbelysning, men det skulle förstås vara intressant att prova igen om tillfälle ges och om jag kan hitta rätt armaturer. De LED jag provade vid Krusegården passade till exempel inte alls in, men kanske finns det någon annan typ som gör det.

Eftersom arkitektonisk LED-belysning är relativt ny är armaturerna också ganska dyra. Ett miljövänligt belysningsförslag skulle därför vara dyrare vid installation än det förslag jag visat i detta arbete, men skulle löna sig i längden genom låg energiåtgång och låga underhållskostnader.

Ytterligare en aspekt jag ställer mig tveksam till med mitt belysningsförslag är den under dagtid estetiska inverkan av armaturerna fästa på Krusegården. Trots att de fästs under taknocken syns de ändå och de är inte direkt diskreta. Något mindre, som typ ljusslangar vilket även finns i LED, skulle i detta fall vara att föredra. Tyvärr ger de typer jag känner till och hört mig för om inte tillräckligt med ljus.

## Slutdiskussion

Jag har genom mitt examensarbete lärt mig mycket om exteriör belysning. Främst då det kommer till olika typer av lampor, deras egenskaper och i vilka situationer de är lämpliga för användning. Mitt upplägg att studera lamporna i detalj teoretiskt för att sedan titta på dem i befintliga anläggningar har varit mycket bra för mig då jag kunnat koppla ljusets egenskaper med en specifik lampas funktion. Det har gett mig ett nytt sätt att analysera och därmed lättare se vad olika ljuseffekter beror på.

Jag tror att min bakgrundskunskap i analys av landskap, att kunna läsa det med stråk, strukturer, känna till växters karaktärer och så vidare har varit till stor hjälp för mig. Dels i analyser av befintliga belysningsanläggningar, men speciellt för mitt eget belysningsförslag till Bokenäs. Jag tror att belysning av en plats i lika stor grad kräver en förståelse för rumsliga samband, hur vi människor upplever dem och för de element platsen består av som den kräver kunskap inom belysning rent tekniskt. Det handlar inte om ett val mellan funktionell och estetiskt tilltalande belysning utan att kombinera de båda. Alternativt att fundera på definitionen av funktionell belysning. Är det då våra ögon kan registrera detaljer på nära håll eller då vi kan få en överblick över rummet och lättare läsa av det och vår position i det?





## Källförteckning

### Muntliga källor

Andersson, Desirée, Gullmarsstrand Hotell & Konferens, e-mail, 18 mars 2006

Andersson, Marika, Trafikkontoret Stockholm, telefonintervju, nov 2005

Dalberg, Christian, demonstration av LED och fiberoptik på Flux, sep 2004

Johansson, Stefan, Nääs Slott, e-mail, 20 mars 2006

Karnerfors, Kjell, Thorn Lighting Göteborg, telefonsamtal, 10 feb 2006

Liljefors, Anders, *Seven Criteria of Light Quality*, föreläsning KTH Syd Haninge, 1 nov 2005

### Litteratur

Håkansson, Paul & Renström, Kristian, *Ljus & belysning*, Liber AB, Stockholm, 2004

Liljefors, Anders, *Lighting - Visually and Physically*, Arkitekturskolan KTH, Stockholm, 1999

Moyer, Janet Lennox, *The Landscape Lighting Book*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2005, andra upplagan

Narboni, Roger, *Lighting the Landscape*, Birkhäuser, Basel, 2004, engelsk upplaga

Philips, *Philips Lampguide 2004 - 2005 Genvägen till bra belysning*, Philips AB, Stockholm, 2004

Starby, Lars, *En bok om belysning*, Ljuskultur, Stockholm, 2003, andra upplagan

### Internet

Atlas Lighting Supply, *Lamp Technical Info*, <[www.atlaslightingsupply.com/Lamp\\_Tech\\_Info.pdf](http://www.atlaslightingsupply.com/Lamp_Tech_Info.pdf)> (24 jan 2006)

Bokenäs, *Unikt miljötankande*, <[www.bokenaes.com/omoss/miljo.htm](http://www.bokenaes.com/omoss/miljo.htm)> (25 mars 2006)

Blask, David E., *Melatonin - Depleted Blood from Premenopausal Women Exposed to Light at Night Stimulates Growth of Human Breast Cancer Xenografts*

*in Nude Rats*, <<http://cancerres.aacrjournals.org/cgi/content/abstract/65/23/11174>> (16 feb 2006)

Delectus, *Ole Kruse*, <[www.delectus.se/soren/konst/ole\\_kruse.html](http://www.delectus.se/soren/konst/ole_kruse.html)> (26 april 2005)

Harris, Tom, *How Flourescent Lamps Work*, <<http://home.howstuffworks.com/fluorescent-lamp.htm>> (12 jan 2006)

Harris, Tom, *How Light Bulbs Work*, <<http://science.howstuffworks.com/light-bulb.htm>> (9 jan 2006)

Harris, Tom, *How Light Emitting Diodes Work*, <<http://electronics.howstuffworks.com/led1.htm>> (26 jan 2006)

Hooker, J.D., *MBI Metal Halide - Ceramic Style*, <<http://www.lamptech.co.uk/MBI%20Ceramic.htm>> (24 jan 2006)

Hooker, J.D., *MBI Metal Halide - Quartz Style*, <<http://www.lamptech.co.uk/MBI%20Quartz.htm>> (24 jan 2006)

Hooker, J.D., *The Low Pressure Sodium Lamp*, <<http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO1%20Introduction.htm>> (19 jan 2006)

Hooker, J.D., *The Mercury Vapour Lamp*, <[www.lamptech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm](http://www.lamptech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.htm)> (23 jan 2006)

Lai, David C & James C, *Renewed Interest in Induction Lamp Technology*, <[www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf](http://www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf)> (25 jan 2006)

Lehtisalo, Tuula, *Ljus mot mörkerdepression*, <[www.ljusterapi.net/art/kodink.htm](http://www.ljusterapi.net/art/kodink.htm)> (16 feb 2006)

OSRAM, *Miljöfakta för ljuskällor*, <[www.osram.se/Milj%c3%b6/miljofakta.aspx](http://www.osram.se/Milj%c3%b6/miljofakta.aspx)> (14 feb 2006)

OSRAM, *OSRAM och miljön*, <[www.osram.se/Milj%c3%b6/miljo1.aspx](http://www.osram.se/Milj%c3%b6/miljo1.aspx)> (14 feb 2006)

Saas Instruments, *The Basics of Fiber Optic Lighting*, <[www.saas.fi/optics.html](http://www.saas.fi/optics.html)> (10 feb 2006)

Skulpturens hus, *Nobel & Vinterviken*, <[www.skulpturenskus.se/nobel/index.html](http://www.skulpturenskus.se/nobel/index.html)> (25 mars, 2006)

SWECO FFNS, *Knutpunkt Hjalmar*, <[www.sweco.se/templates/Project\\_\\_\\_\\_2802.asp](http://www.sweco.se/templates/Project____2802.asp)> (25 mars 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *Candela*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/Candela>> (17 mars 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *Fiberoptik*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/Fiberoptik>> (5 feb 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *Halvledare*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/Halvledare>> (26 jan 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *MmHg*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/MmHg>> (23 jan 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *Lysdiod*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/Ljusdiod>> (27 jan 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *Powerled*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/Powerled>> (27 jan 2006)

Wikipedia, den fria encyklopedin, *RGB-lysdioder*, <<http://sv.wikipedia.org/wiki/RGB-lysdioder>> (27 jan 2006)

Wikipedia, the free encyclopedia, *DMX (lighting)*, <[http://en.wikipedia.org/wiki/DMX\\_%28lighting%29](http://en.wikipedia.org/wiki/DMX_%28lighting%29)> (10 feb 2006)

Wikipedia, the free encyclopedia, *Dichroic filter*, <[http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic_filter)> (2 feb 2006)

Wänström Lindh, Ulrika, *Ljusfördelningens betydelse för rumsuppfattning och rumsupplevelse*, <[www.hdk.gu.se/forskning/ulrika/index.html](http://www.hdk.gu.se/forskning/ulrika/index.html)> (13 feb 2006)

## Bilder

Sid. 14, Lysrörets konstruktion och Glimtändarens funktion från <<http://home.howstuffworks.com/fluorescent-lamp4.htm>> (22 mars 2006)

Sid. 16, Ögats känslighet för spektral fördelning och Konstruktion av en natriumlampa från <<http://www.lampotech.co.uk/Documents/SO1%20Introduction.htm>> (22 mars 2006)

Sid 16, Skillnad i känslighet skotopisk och fotopisk syn från <<http://www.lampotech.co.uk/Documents/SO2%20Spectral.htm>> (22 mars 2006)

Sid. 17, Spektral fördelning hos en högtrycksnatriumlampa från <<http://www.lampotech.co.uk/Documents/SO2%20Spectral.htm>> (22 mars 2006)

Sid. 17, Konstruktion av en kvicksilverlampa från Starby, Lars, *En bok om belysning*, sid. 206

Sid. 18, Den spektrala fördelningens samband med trycket i en kvicksilverlampa från <<http://www.lampotech.co.uk/Documents/M3%20Spectra.htm>> (22 mars 2006)

Sid. 20, Induktionslampans beståndsdelar från <<http://www.prismaecat.lighting.philips.com/LightSite/...>>

Sid. 21, Ljusalstring hos en induktionslampa från <[www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf](http://www.imsasafety.org/journal/septoct04/7.pdf)> (22 mars 2006)

Sid. 21, Dioders funktion då ström tillsätts från olika riktning från <<http://electronics.howstuffworks.com/led1.htm>> (22 mars 2006)

Sid. 22, LED-skiss från <<http://www.schahl.de/led/technik.html>> (22 mars 2006)

Sid. 26, Bild på elektronisk ballast från <[http://en.wikipedia.org/wiki/Ballast\\_%28electrical%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Ballast_%28electrical%29)> (22 mars 2006)

Sid. 28, Foton på Stockholmslyktan från <<http://www.atelje-lyktan.se/>> (22 mars 2006)

Sid. 49, Landskapet kring Bokenäs är kuperat. Foto: Scott Mooney

Fotograf övriga bilder: Maria Carlsson

## Jämförelse av ljuskällor sid. 24 - 25

Annell, *Ljuskällor*, Stockholm, 2002

Elenco, *Ljuskällor*, <[www.elenco.se](http://www.elenco.se)> (10 juni 2006)

Philips, *Katalog*, <[www.lighting.philips.com/se](http://www.lighting.philips.com/se)> (10 juni 2006)



## Bilaga - checklista för studiebesök

**Vilken typ av lampa? Armatur?**

**Vilken egenskap har ljuset? Färgtemperatur och färgåtergivning?**

**Hur upplevs rummet?**

**Hur fördelas ljuset i rummet? Riktning, spridning, bländning.**

**Hur är balansen mellan mörker och ljus?  
Skuggornas karaktär?**