



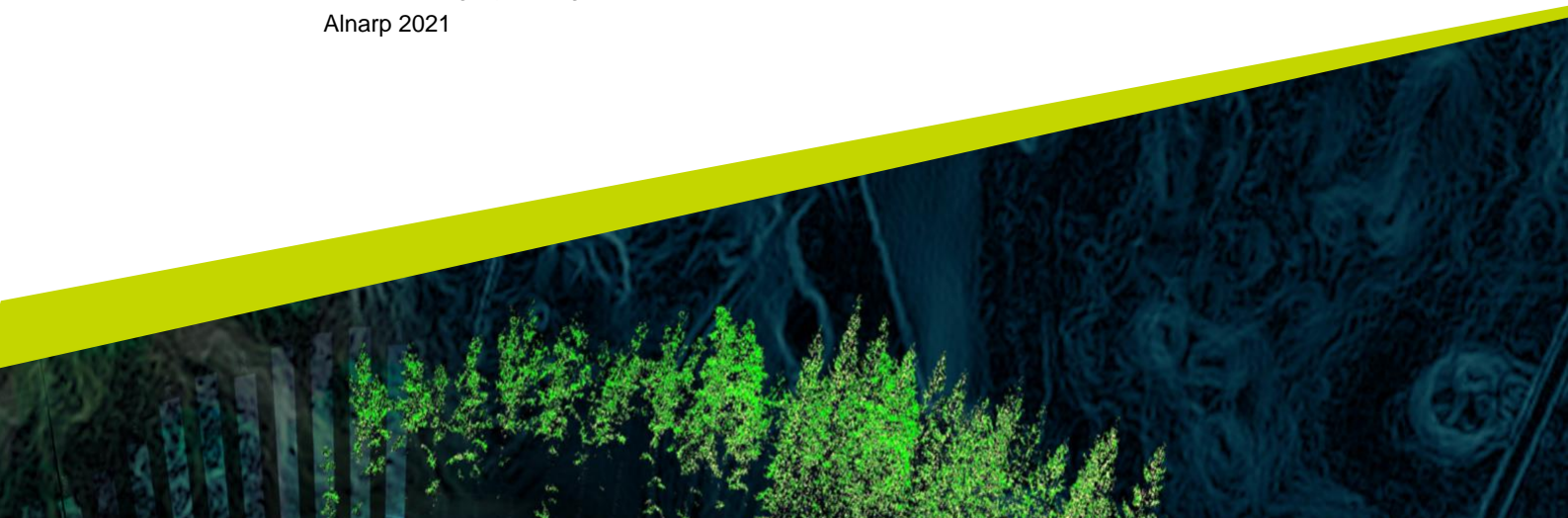
Belysning samt ljussättning av broar och tunnlar i urban miljö

– En studie med fokus på trygghet, funktion,
estetik och teknik.

Lighting of bridges and tunnels in urban environments

- *A study with focus on security, function, aesthetics, and technique*
- *Ludwig Maringelli*

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för landskapsarkitektur, planering & förvaltning
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2021



Belysning samt ljussättning av broar och tunnlar i urban miljö – En studie med fokus på trygghet, funktion, estetik och teknik.

Ludwig Maringelli

Handledare: Frida Andreasson, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för landskapsarkitektur, planering & förvaltning

Examinator: Linn Osvalder, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för landskapsarkitektur, planering & förvaltning.

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur, G2E- Landskapsingenjörsprogrammet

Kurskod: EX0841

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Kursansvarig inst.: institutionen för landskapsarkitektur, planering, & förvaltning

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Ludwig Maringelli

Nyckelord: Belysning, trygghet, broar, tunnlar, ljussättning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering & förvaltning

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt. Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.



Sammanfattning:

Förekomsten av broar och tunnlar är idag viktiga komponenter i den svenska stadsbilden, detta för att få städerna att fungera. Syftet och målet med följande studie är att med hjälp av förståelse för god belysning, bidra till brotts- och olycksprevention samt trygghetskänslor, men även att undersöka hur tekniska lösningar för belysning på broar och i tunnlar utformas. Undersökningen resulterade i att begreppet god belysning kunde förklaras, användas och utnyttjas för att på bästa sätt ljussätta broar och tunnlar i förhållande till trygghet och säkerhet. God belysning bidrar även med att förebygga brott och olyckor samt att ge besökarna och de som nyttjar platserna trygghetskänslor. Slutligen kom studien även fram till att projekteringsstadiet var ett viktigt moment inte bara för planeringen av god belysning utan även för underhållet av god belysning.

Abstract: Today's occurrence of bridges and tunnels are very important components of the Swedish cityscape for a functioning city. The purpose and goal of the following study is that with the help of understanding good lighting there is a possibility of contributing to prevention of crime and accidents and to examine how technical solutions for lighting on bridges and in tunnels are designed. The research resulted in how the term good lighting could be explained, used and utilized to illuminate bridges and tunnels in the best possible way in regards of safety and security. Good lighting also contributes with the prevention and crime and accidents as well as provides the visitors and they who use the places with feelings of security. Finally, the study arrived at the conclusion that the stage of projecting was not only important for the planning of good lighting but also for the maintenance of good lighting.

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| 1 Inledning | 8 |
| 1:1 Bakgrund..... | 8 |
| 1:2 Syfte och mål..... | 8 |
| 1:3 Frågeställningar | 9 |
| 1:4 Begrepp..... | 9 |
| 2: Material och metod | 11 |
| 2:1 Avgränsning..... | 11 |
| 3: Uppbyggnad och tekniska aspekter av broar och tunnlar | 12 |
| 3.1 Funktioner av broar och tunnlar | 12 |
| 3.2 Utformning av broar och tunnlar | 12 |
| 3:3 Tunneltyper..... | 15 |
| 3:4 Adaptionszon..... | 16 |
| 4: Utformning av ljus på broar/tunnlar | 18 |
| 4:1 Vinsten med god belysning..... | 18 |
| 5: Trygghet och säkerhet | 19 |
| 5:1 Belysnings påverkan på kriminalitet samt trygghet | 21 |
| 5:2 Belysning och trafiksäkerhet..... | 22 |
| 6: Material och andra tekniska påverkningar på ljus | 25 |
| 6:1 Materialpåverkan på ljus | 25 |
| 6:2 Reflektion och absorption..... | 25 |
| 6:3 Väggar och tak i tunnlar..... | 26 |
| 6:4 Färgsättning | 26 |
| 6:5 Markbeläggning | 26 |
| 6:6 Form på ljus..... | 27 |
| 7. Fysikalisk påverkan på ljus | 28 |
| 7:1 Ljusnivå..... | 28 |
| 7:2 Ljusfördelning..... | 29 |
| 7:3 Skuggor | 30 |
| 7:4 Bländning | 30 |
| 7:5 Reflexer | 31 |
| 7:6 Ljusfärg | 31 |
| 7:7 Ytfärger..... | 32 |
| 8: Projektering | 33 |
| 8:1 Beräkningsprogram..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| <i>8:2 Kalkylering av kostnader</i> | 34 |
| <i>8:3 Provbelysning och uppföljning</i> | 34 |
| 9: Underhållspekter | 36 |
| <i>9:1 Underhåll</i> | 36 |
| <i>9:2 Livslängd</i> | 36 |
| <i>9:3 Vandalisering</i> | 37 |
| 10: Diskussion | 38 |
| <i>10:2 Slutsats</i> | 40 |
| <i>11:1 Skriftliga källor</i> | 41 |
| <i>11:2 Elektroniska källor</i> | 42 |

1 Inledning

1:1 Bakgrund

Broar samt tunnlar upplevs ofta som mörka och skrämmande, särskilt när mörkret har fallit (Haans & de Kort 2012). Dessutom har broar och tunnlar ofta en brutal, kall och hård arkitektur, som även detta bidrar till vad som kan upplevas som en otrygg miljö (Westholm et. al 2009). I en tunnel för fordonstrafik är körfälten oftast relativt nära tunnelväggarna och körfälten uppfattas ofta som smala. Hastighet kan uppfattas som högre i ett smalt rum (Westholm et. al 2009). Avfarter, påfarter samt trafikinformation är alla punkter man måste ta hänsyn till, något som kan uppfattas som stressande (Westholm et. al 2009). Broar samt tunnlar för gående och cyklister har ofta spridd trafikering, samt rumsliga begränsningar. Detta gör så att trafikanten saknar flyktvägar (Westholm et. al 2009). Det är även konstaterat att belysning ofta inte har den funktion som den är projekterad för (Westholm et. al 2009). Vid broar samt under tunnlar där skötsel på belysningen inte prioriteras, sänks tryggheten markant (Westholm et. al 2009). Armaturer måste kontinuerligt skötas samt bytas direkt om den skadas, detta då en armatur som har sänkt eller avstängt ljus kan bidra till olyckor för att man inte ser varandra. (Haans & de Kort 2012, Van Rijswijk & Haans 2017).

En annan viktig fråga studien tar upp och diskuterar är vad som är god belysning samt hur man uppnår detta. Genom god belysning i tunnlar och broar hade platserna antagligen upplevts helt annorlunda än om platserna varit mörka och med otillräcklig eller dålig ljussättning. Genom min roll som blivande landskapsingenjör kan detta anses vara under mitt arbetsområde på grund av vad som krävs för att skapa en trivsamt och hållbar utemiljö. Med det menas att kunskapen som en landskapsingenjör besitter i form av exempelvis projektering, val av material samt planering av underhåll. Detta för att i framtiden kunna vara med och bidra till säkra broar och tunnlar som inger trygghetskänslor hos dess besökare.

1:2 Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att med hjälp av att förstå vad god belysning är samt hur detta uppnås bidra till att förebygga brott och förhindra olyckor för fotgängare, cyklister och bilister. Studien kommer att utgå ifrån broar och tunnlar för fordonstrafik, samt gång- och cykeltrafik. Studien avser att utforska både de goda exemplen och de brister som kan uppstå vid ljussättning av

broar och tunnlar samt identifiera möjliga förbättringspotentialer. Det kommer att handla om trygghet för bilister, fotgängare och cyklister.

Arbetet syftar även till att kartlägga problem samt lösningar för bättre belysning på broar samt i tunnlar, så att dessa anläggningar ger mer trygghetskänslor, samt information om hur broar och tunnlar ljussätts. Studien har även som syfte att undersöka hur de tekniska lösningarna för belysning på broar och i tunnlar utformas. Slutligen är målet med studien är därmed att kunna bidra till vad som ingår i god belysning samt hur man uppnår det. Det innebär att uppsatsen också har som mål att försöka göra det tryggare och säkrare för de bilister, fotgängare och cyklister som färdas och vistas i tunnlar samt på broar.

1:3 Frågeställningar

Hur utformar man belysning på gång, cykelbanor och väg för fordonstrafik på broar och i tunnlar för att människor skall känna sig trygga, förebygga brott och förhindra olyckor?

Hur ser utformningen samt de tekniska lösningarna ut av belysning på broar och i tunnlar?

Vad för olika komponenter av belysningen måste finnas med för att förebygga olyckor, brott och en otrygg känsla?

1:4 Begrepp

- *Belysning* definieras enligt NE.se (2021) vanligtvis som de ljusförhållanden som kommer ifrån de ljuskällor som inte är skapade dagsljus och som ofta hittas bland annat inomhus samt utomhus på till exempel gator och parker. Under studien används begreppet belysning vid diskussion kring belysning som finnes utomhus och mer specifikt i tunnlar och på broar.
- *Ljussättning* innebär således hur ljus i form av lampor bland annat fungerar, planeras för samt anordnas och placeras för att ge besökarna av platsen så bra ljus som möjligt (Arbetsmiljöverket 2021). Begreppet ljussättning är relevant för studien då ett av dess syften och mål är att med hjälp av god belysning och därmed god ljussättning bidra till trygghet och säkerhet i tunnlar och på broar.
- *Trygghet* är enligt Boverket (2019) definierat som ”den känsla som utlöses när en individ tolkar en fysisk miljöns utformning och användning genom att sinnesintryck kombineras med såväl egna erfarenheter, som med andra individers eller mediernas beskrivningar av risken för att utsättas för brott eller hotfulla situationer”. Det är en

användbar och relevant definition som väl kan appliceras och användas för att förstå studiens diskussioner kring sambandet mellan belysning och trygghet.

- *Säkerhet* är ett begrepp som ofta går att definiera som det resultat som nås av antingen diverse egenskaper eller handlingar som bidrar till en avtagande sannolikhet exempelvis obehagliga, oönskade och farliga incidenter samt olyckor ska hända (NE.se 2021). Föregående definition gäller även för följande studie och uppsats där säkerhet är en av de faktorer som önskas uppnå med hjälp av att förstå vad god belysning är.

2: Material och metod

Som grund i det här arbetet görs en litteraturstudie. Materialet hämtas från vetenskaplig litteratur, rapporter samt publikationer från statliga myndigheter, kommuner, forskning, och andra relevanta publikationer. Tryckta samt elektroniska källor används. Tryckt vetenskaplig litteratur har mestadels inhämtats från Universitetsbiblioteket på Sveriges Lantbruksuniversitet. Elektroniska rapporter har hämtats från statliga myndigheters databaser samt databaser från flera etablerade Universitet världen över. Nyckelord har även sökts frekvent på olika sökmotorer för att få fram viktig information för utveckling av arbetet. Viktiga sökord som används har varit, belysning, ljus, färg, trygghet, säkerhet och utformning.

2:1 Avgränsning

Avgränsningen är satt till broar och tunnlar i Sverige där gångtrafikanter, cyklister och bilister kan vistas. Dessutom avgränsar studien till ljussättning för att inge trygghet samt försöka motverka olyckor och förhindra brottslighet.

3: Uppbyggnad och tekniska aspekter av broar och tunnlar

Broar samt tunnlar har flera viktiga funktioner i staden. Med hjälp av broar och tunnlar kan vi förflytta oss på platser där det inte hade gått att förflytta sig annars. Det kan vara över vatten, för att ta sig över eller under en trafikerad gata för att nämna några. Ända sedan den moderna civilisationen uppkom så har broar samt tunnlar varit en viktig funktion i staden (Chang et al. 2009). Broar har både varit ikoniska byggnadsverk samt transportvägar. Detta hjälper till så att avstånd krymper och förflyttar människor närmare varandra. Dagens broar samt tunnlar har blivit livsviktiga komponenter i staden, detta för att de bland annat underlättar transporter (Chang et al. 2009) och för att de är avgörande för städers sociala samt ekonomiska utveckling (Chang et al. 2009).

3.1 Funktioner av broar och tunnlar

Broar och tunnlar utgör viktiga element i staden. Broar samt tunnlar finns för att man skall kunna röra sig på platser där man inte skulle kunna göra det utan en bro/tunnel. Det kan exempelvis vara under eller över en väg, över eller under vatten, eller annan svår genomtränglig terräng. Det finns även broar för djurlivet, så kallade ekodukter (Van der grift & Van der ree 2015, Trafikverket 2019). Detta för att djur tryggt skall kunna ta sig över en tungt trafikerad väg. Även dessa ekodukter kan vara byggda ovan eller under mark (Van der grift & Van der ree 2015, Trafikverket 2019).

3.2 Utformning av broar och tunnlar

Ljussättning av broar är ett stort och omfattande område. Detta kan beskrivas utifrån flera olika aspekter. För vägbroar finns det vissa krav för funktionsbelysning, detta beroende på vägtyp, trafikering samt svårighetsgrad på trafiksituationen (Westholm et. al 2009). Avgörande för hur en stor bro skall ljussättas är hur stor trafikeringen är och dess exponering i förhållande till andra betraktare. En bro som är längre än 200 meter, brukar benämnas som en stor bro (Westholm et. al 2009). Om vägbelysning används på en bro genomförs detta i regel med stolpbelysning, detta beskriver brobanans linje på ett effektivt sätt (Westholm et. al 2009). Idag används ofta belysning med lågt sittande i armaturer vilket gör att brobanans linje blir mer diskret (Westholm et. al 2009). Om ytterligare belysning skall tillföras pratar vi om ljussättning med effektbelysning (Westholm et. al 2009). Det vill säga för att framhäva

bronskonstruktionen. I det flesta fall är det enklaste samt renaste ljuset som ger bäst resultat (Westholm et. al 2009).

Vid ljussättning av stora vägbroar bör man tänka på följande:

- Behövs vägbelysning samt hur kan den användas som en del i ljussättningen av bron (Westholm et. al 2009)?
- Kan vägbelysningen ges annan utformning än stolpbelysning, detta för att skapa mervärde för trafikanterna under nattetid (Westholm et. al 2009)?
- Hur kan man med så liten energianvändning samt så få armaturer som möjligt få fram brons konstruktiva särart vid effektbelysning (Westholm et. al 2009)?
- Utnyttja stora ytor samt linjer på bron, detta för att skapa kontinuerligt belysta ytor som visar vilket stort byggnadsverk en stor bro är (Westholm et. al 2009).
- Undvika att ljussätta ytor som är rakt framifrån på nära håll, detta för att en orolig ljusbild kan uppstå (Westholm et. al 2009).
- Se till att armaturer är lätta att underhålla och att man enkelt kan byta ljuskällor, samt bedöma risken för vandalisering (Statens väg och transportforskningsinstitut).

Utformning av belysning kan vara olika beroende på om det är en mindre vägbana eller gång/cykelväg. Med mindre broar avses i första hand vägbroar som inte är längre än 200 meter. Det flesta broar i Sverige är mellan 30–40 meter (Westholm et. al 2009). Broar för en huvudväg över en mindre väg kallas ofta för vägportar (Westholm et. al 2009). För gator i stadsmiljö behöver inte vägportarna vara bredare än 10–15 meter (Westholm et. al 2009). Detta beroende på vilka krav som ställs på gångbanor. Det som är grundläggande för ljussättning av mindre broar är dess relation till sin omgivning samt till den trafik som rör sig under samt över bron (Westholm et. al 2009). Korsande vägar över till exempel en motorväg har oftast inga krav på belysning (Westholm et. al 2009). I de fall vägen på bron är belyst skapas de med största sannolikhet miljöer med slag skuggor, dessa upplevs som mörka hål (Westholm et. al 2009). Så kan fallet vara vid trafikplatser där denna ljusbild är direkt vilseledande, detta då den varken förstärker vägledning eller identitet (Westholm et. al 2009). Här rekommenderas då att ramper och av och påfarts punkter på huvudvägen belyses (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2014). Effektbelysning av en sådan bro kan dock vara ett bra alternativ, detta minskar behoven av vägbelysning (Westholm et. al 2009). Den ledande effekten för huvudvägen är ofta det viktigaste i en trafikplats, detta så att inte uppmärksamheten dras till de belysta avfarterna eller

cirkulationsplatserna. Dessa byggs oftast intill trafikplatserna (Westholm et. al 2009). Effektbelysning bör koncentreras på att skapa en kontinuerlig ljusbild som sluter sig över vägen. Om man endast belyser landfästen samt utsmyckningar på dessa, kan det bidra till en orolig belysningssituation (Westholm et. al 2009). Belysning på broar måste studeras noga och stolpplaceringar bör uppmärksammas. Detta då man bör undvika belysningsstolpar på broar och i stället placera ut de på landfästena (Westholm et. al 2009). Det är främst i städerna samt tätorterna som det är krav på god belysning. Detta både på samt under broarna. Här blir utmaningen att projektera belysning som kombinerar både funktions samt effektbelysning (Westholm et. al 2009).

Gång samt cykelbanor, utformning av konstruktion samt ljussättning:

Många av de broar som finns i Sverige idag är gång samt cykelbroar. De flesta går över motorvägar samt andra trafikerade huvudvägar och gator (Westholm et. al 2009). Belysningsproblematiken här handlar om att skapa trygga samt behagliga miljöer för gående och cyklister nattetid (Statens väg och transportforskningsinstitut 2014). De flesta gång och cykelbanor i Sverige är oftast mellan 30–40 meter långa (Westholm et. al 2009). Gång och cykelbanor som är kortare än det har inte samma behov av belysning (Westholm et. al 2009). Många av gång och cykelvägarna i städerna är belägna vid infarterna till städerna eller i dess centrum, detta ökar till att de är ljussatta med effektbelysning för att höja intrycket utav bron (Statens väg och transportforskningsinstitut 2014). Förutsättningarna för att ljussätta gång samt cykelbanor varierar ofta då de kan variera mycket på dess konstruktion. Om det finns överliggande konstruktioner ger detta stora möjligheter till att montera armaturer ovan gång samt cykelbanan för att belysa dem (Westholm et. al 2009). På de flesta broar monteras dock belysningsarmaturen antingen på stolpar eller i broräcket (Westholm et. al 2009). Då personer ofta känner sig utsatta på gång- och cykelbro både i klimat samt ljushänseende, så kan man skapa väderskydd eller visuella stöd för ledning (Westholm et. al 2009).

Det finns flera olika belysningsklasser för gång- samt cykelvägsbroar (TRVK 2012). En viktig princip för att klara belysningskraven är att använda sig utav stolpbelysning vid projekterandet av gång och cykelbroar. På gång- samt cykelvägar skall stolphöjden vara 4–6 meter samt c/c avståndet cirka 25 meter (TRVK 2012). För att förhindra vandalisering av armaturen bör den undre gränsen för höjden på belysningsstolparna vara 4 meter (Westholm et. al 2009). För att klara belysningen av en normallång bro som är mellan 30–40 meter så behövs det endast 1 till 2 stolpar (Westholm et. al 2009). Vid kortare broar krävs det mycket sällan separatbelysning uppe på bron, där används det istället belysningsstolpar vid sidan av bron (Westholm et. al

2009). Vid kortare broar kan man även använda sig utav effektbelysning för att skapa en trevlig och vacker stämning (TRVK 2012). Bron kan till exempel vara ett landmärke i en specifik stad och dess belysning utförs då antingen som en förstärkt gångvägsbelysning, eller så belyses sidan alternativt undersidan utav bron (TRVK 2012).

3:3 Tunneltyper

Att man delar in vägtunnlar i olika typer är inte vanligt. Man tittar i stället på olika parametrar så som tunnelns längd. I Sverige idag finns det cirka 25 vägtunnlar för bilar samt tyngre fordon, där tunneln har en längd på över 100 meter (Trafikverket 2020, Westholm et. al 2009). Dessa tunnlar ägs av staten och sköts av Trafikverket och är framförallt förlagda till Stockholm, Göteborg och västkusten (Westholm et. al 2009). Trafikverket har även hand om kortare vägtunnlar, dessa är ofta mellan 25–100 meter långa. Utöver dessa statligt ägda tunnlar, har även kommuner samt privata företag hand om flertalet vägtunnlar genom Sverige. Även dessa har varierande längder (Trafikverket 2020, Westholm et. al 2009).

Tunnlar som är raka, plana, under vatten, eller är förlagd i en kurva och har en konkav profil har olika förutsättningar att förmedla belysning samt ljussättning (Sundborg 2010). I en svängd tunnel får ytterväggarna stor betydelse för ljussättningen. I en tunnel med konkav profil exponeras taket på ett annorlunda sätt. Detta är att tänka på vid ljussättning av den typen av tunnlar (TRVK 2012, Westholm et. al 2009).

När det gäller sektion och konstruktion skall den fria höjden vara minst 4,7 meter i en vägtunnel. De är ofta projekterade till en höjd på 4,9 till 5,1 meter för att ge marginal till lastbils svängningar samt beläggningsjusteringar (Westholm et. al 2009). I en så kallad bergtunnel som har en valvformad sektion är ofta totalhöjden 7–8 meter i mitten av tunnelröret, detta gör också så att plats finns för installationer av ventilation samt belysning (TRVK 2012). En så kallad cut and cover tunnel eller en sänkt tunnel byggs ofta i betong, med fabrikstillverkade element. Sektionen i dessa tunnlar byggs ofta med ett horisontellt tak. Detta gör så att rumshöjden inte blir den samma som i en bergtunnel (Mouratidis 2009, Westholm et. al 2009).

Antalet gång samt cykeltunnlar i Sverige i dag är okänt. En trolig siffra är ett par tusen och som då är tillhörande staten (Westholm et. al 2009). I Sverige bygger vi kontinuerligt nya gång- och cykeltunnlar (Westholm et. al 2009). Det är viktigt att redan vid projekteringsstadiet av en gång- och cykeltunnel bestämma belysnings principer och möjligheter för att det installeras rätt

armaturer (Westholm et. al 2009). Olika konstruktioner ger dock olika förutsättningar för ljussättningen av gång- samt cykelbanan. Generellt så är gång- och cykeltunnlar ofta projekterade så att de har en höjd på 2,7 meter och en bredd på 4–6 meter (Westholm et. al 2009).

Ofta så upplevs gångtunnlar mörka samt skrämmande under kvällar och nätter (Boverket 2002). Många gångtunnlar har fortfarande kvar den belysning som utvecklades under 1970-talet. Denna standardbelysning skapades för att ge mesta möjliga ljus för en sådan liten underhållskostnad som möjligt (Westholm et. al 2009). Detta syfte ter sig som bra, men ofta håller inte kvaliteten måttet och ger ett skarpt blänkande sken som gör så att tunneln lätt kan upplevas som otrygg (Westholm et. al 2009). Tyvärr så anammas detta koncept även idag. Särskilda rekommendationer för belysningen i gång- och cykeltunnlar finns inte, dock så är allmänna belysnings rekommendationer för gång- och cykeltunnlar i VGU användbara (Westholm et. al 2009). Det finns flera olika bra principer för ljussättning av gång- och cykeltunnlar, som exempelvis utnyttjar ljusreflektioner i väggar, tak och ljusa markbeläggningar (Westholm et. al 2009). Symmetri har en god inverkan för att skapa god balans samt en fin och vacker ljusupplevelse (Westholm et. al 2009). God symmetri i gång- och cykeltunnlar kostar oftast mer pengar att genomföra, men kan vara värt att prioritera (Westholm et. al 2009). I ljusplaneringen av gång- och cykeltunnlar är det viktigt att ta tunnelmynningen i beaktning. Skillnad mellan fall beror inte bara på ljussättningen utav själva tunneln utan också hur tunnelns mynning är formad och ljusatt (Westholm et. al 2009). I en gång- och cykeltunnel där väggarna samt taken är bra belysta samt har hög ljusnivå, kan skapa obehag hos människor som går i riktning mot en mörk mynning (Westholm et. al 2009). Ju mer ljus det är inne i tunneln desto mer ljus krävs det för att få en god balans i ljussättningen. Att ljussätta väggarna kan därför ha stor betydelse för upplevelsen inne i tunneln (Westholm et. al 2009).

3:4 Adaptionsson

En adaptionsson består av tillfartssträckan innan själva tunneln samt tröskelzonen inne i tunneln (Westholm et. al 2009). I moderna tunnlar sker avbländningen av fordon genom intensifiering av luminans i tunnelmynningarna. Ljusskärmar med raster blir ofta dominerande, fula och mycket underhållskrävande (Westholm et. al 2009). På äldre tunnlar på motorvägar i Sverige finns det ljusskärmar vid både infart samt utfart (Westholm et. al 2009). I vissa fall har man nöjt sig med att sätta ljusskärmar vid utfarterna för att skona tunnelinfartens estetik (Westholm et. al 2009). För att spara mer energi är det svårt att skapa goda arkitektoniska samt

underhållsfria ljusskärmar som silar ner himmelsljuset på ett tilltalande sätt (Westholm et. al 2009).

Utförbarhet att anpassa seendet i tröskelzonen inne i tunneln påverkas starkt av adaptionsluminansen. Adaptionsluminansen bestäms av luminansen inom synfältet som man har på ett avstånd av fordonets bromssträcka som man färdas i innan tunnelmynningen (Liljefors & Ejhed 1990, Wänström-Lindh 2018). Det är viktigt att göra omgivningen till tunneln så mörk som möjligt och tröskelzonen så ljus som möjligt. Skuggade planteringar omkring tunnelmynningen samt mörka, grova och därmed ljusabsorberande vägbeläggningar på tillfartsträckan påverkar adaptionsluminansen positivt (Westholm et. al 2009, Wänström Lind 2018). En mörk vägbeläggning är en fördel på utfartssträckan i en tunnel då bländningsrisken minskar markant. Men även en ljus vägbeläggning är av fördel, samt ljusa väggar och ljussättning av dessa i tröskelzonen (Westholm et. al 2009, Sundborg 2010).

4: Utformning av ljus på broar/tunnlar

Utformningen av ljus på broar och tunnlar handlar om att få ut så mycket funktion som möjligt. Funktion av ljus kan betyda flera olika saker som bland annat ökad säkerhet, bättre framkomlighet, ökad trygghetskänsla samt orientering för att nämna några. Strävan efter att skapa god arkitektonisk utformning är också viktig och påverkar de ovan nämnda aspekterna. Även tekniska lösningar och hur ljuset ter sig ur ett fysiskt perspektiv är att ta i beaktning vid utformning av ljus på broar och i tunnlar (Westholm et. al 2009).

4:1 Vinsten med god belysning

Det finns flera viktiga anledningar till att gestalta broar och tunnlar med god belysning. God belysning kan exempelvis bidra med;

- Ökad säkerhet. God belysning gör så att man bättre ser sina medtrafikanter, allvarliga olyckor skulle kunna förhindras om man är väl synlig vilket kan uppnås med god belysning (Westholm et. al 2009).
- Ökad upplevelse av platsen. Med god belysning förskönas platsen och därmed även hur besökare upplever platsen (Westholm et. al 2009, Boverket 2010).
- Ökad trygghet. God belysning ökar känslan av trygghet där man ser varandra. En ljus plats förknippas ofta mindre med otrygghet än en mörk plats (Westholm et. al 2009, Haans & de Kort 2012).
- Framhävnin g av konstruktionen. God belysning framhäver arkitekturen av en konstruktion. En konstruktion skall inte bara upplevas som framkomlig utan också en försköning av stadsbilden (Westholm et. al 2009).

I staden är en stor bro ett dominerat inslag och om man ser bron från håll får ofta betraktaren bättre känsla av konstruktionen än om man färdas på den. Specifika broar i en stad har ofta stort värde för själva staden. Med bra ljussättning kan man öka värdet för bron även på kvällen samt natten när det är mörkt (Westholm et. al 2009). En bro som man inte lägger märke till på kvällen eller natten kan bli intressant samt uppskattad med ljussättning. Broar i staden är både en del av stadsbilden samtidigt som det är en transportsträcka. Ljussättningen påverkar därmed omgivningen, ljus från omgivande vägar, p platser samt andra byggnader, och påverkar slutligen upplevelsen på bron (Westholm et. al 2009, Statens vegvesen 2002).

5: Trygghet och säkerhet

Utformningen av broar samt tunnlar blir allt mer viktigare. Hur människan upplever trygghet påverkar deras val av vägar samt transportmedel. Denna synpunkt har både ekonomiska, sociala samt, miljömässiga konsekvenser (Westholm et. al 2009). Det ser olika ut hur vi människor använder oss av färdvägar. Vissa undviker långa vägtunnlar samt höga broar, andra undviker gång och cykel tunnlar (Boverket 2002, Boverket 2010).

Det finns även ett klart samband mellan trötthet och bilolyckor (Statens vegvesen 2002). Det har gjorts flera studier av att ljussättning på broar samt tunnlar där man har haft i syfte att bryta monotonin, öka orienterbarheten, samt minska riskerna för att bilförare skall somna vid ratten (Westholm et. al 2009). Flera ljussättningar av skogspartier i Sverige samt diverse broar har gjorts, även i Norge har tunnlar fått effektbelysning i samma syfte (Westholm et. al 2009).

I samhället är rädsla en av anledningarna till att kvinnor inte vågar röra sig i staden (Brottsförebyggande rådet 2007, Boverket 2010). Det finns en rad anledningar som har inverkan på om man känner sig trygg eller inte när man rör sig utomhus (Westholm et. al 2009). Det kan till exempel vara om man går utomhus ensam eller om platsen man rör sig på är befolkad eller inte, samt hur man upplever stämningen där man rör sig (Boverket 2010). Även klotter samt skötsel har stor inverkan på hur man upplever en plats (Boverket 2010). Annat som spelar in är personliga erfarenheter eller kännedom av brott på platsen, samt om man känner till platsen eller inte (Westholm et. al 2009). Den subjektiva upplevelsen av specifik ljussättning är viktig för uppfattningen av platsen (Westholm et. al 2009). När det gäller personer med synnedsättning är upplevelsen mycket komplex och gångtunnlar kan i vissa fall framkalla rädsla (Westholm et. al 2009). Detta för att det finns brister när det gäller bland annat flyktvägar och dålig sikt (Haans & de Kort 2012, Van Rijswijk & Haans 2017). Detta beror ofta på skymmande buskage, tvära krökar intill tunnelmynningen eller dålig sikt (Haans & de Kort 2012, Van Rijswijk & Haans 2017). Det finns ingen direkt studie på sambandet mellan hög ljusnivå och bra tunnelmiljö (Westholm et. al 2009). Tryggheten ökar alltså inte automatiskt för att det är ljusare i en tunnel (Brottsförebyggande rådet 2007). Istället handlar det om bra ljusfördelning som kan skapa rum, upplevelse samt förstärka känslan av trygghet. Men även en tunnel som är väl upplyst kan skapa stora problem (Westholm et. al 2009). När man väl har kommit ut ur en upplyst tunneln, kan då den mörka omgivningen upplevas som osäker (Westholm et. al 2009)

innan ögat har anpassat och adapterat sig till den låga ljus nivån. När man utformar en bro eller tunnel för fotgängare och cyklister är det viktigt att tänka ur ett material, form och ljussättningsperspektiv (Westholm et. al 2009). Det är även viktigt att trafikanter inte bländas samt att man ser ansiktet på den man möter.

Även vad som finns utanför tunnelmynningen har stor inverkan på trygghetskänslan (Westholm et. al 2009). Här skall det inte finnas buskage eller mörka utrymmen då det lätt går att gömma sig där (Haans & de Kort 2012, Van Rijswijk & Haans 2017). Konsekvenserna blir lätt att man blir så rädd för tunnlar att man tar andra längre färdvägar från punkt a till b (Brottsförebyggande rådet 2007, Boverket 2010). Detta glöms ofta bort när man planerar säkra trafikmiljöer. Detta kan leda till en konkret olycksrisk på vägen. Flera länder i EU har antagit en ny taktik där det inte skall byggas flera gångtunnlar. Här ersätts även befintliga gångtunnlar med korsningar i markplan (Boverket 2002). Nollvisionens synsätt på konflikter mellan bilar samt oskyddade trafikanter skall prägla allt arbete inom Trafikverket samt även de kommunerna som har anammat samma synsätt. Trafikverket, dåvarande vägverket förutspådde 2010 att gång- och cykeltrafiken skulle ha ett sammanhängande nät med samma kvalité som biltrafiken. Korsningar mellan huvudstråk för gång samt cykeltrafik och huvudstråk för biltrafik skall enligt detta mål utformas med planskildhet (TRVK 2012).

Ur ett trygghetsperspektiv har belysning följande funktioner;

- Öka trafiksäkerheten, belysning reducerar både antalet olyckor samt allvarlighetsgraden vid en eventuell olycka (Statens vegvesen 2002).
- Öka trygghetskänslan, att både vara sedd och att se andra ökar trygghetskänslan markant (Statens vegvesen 2002, Boverket 2019, Brottsförebyggande rådet 2007).
- Öka säkerheten för egendom, ljus och mörker påverkar utförandet av kriminella handlingar (Statens vegvesen 2002, Brottsförebyggande rådet 2007).
- Möjlighet för sociala aktiviteter, en väg, bro, eller tunnel kan även användas efter mörkrets inbrott när de är väl upplysta, platser man kanske annars undviker om de är dåligt belysta (Statens vegvesen 2002).
- Ger god visuell upplevelse, broar samt tunnlar kan vara landmärken i flera städer som kan upplevas även när det är mörkt, vid god belysning (Statens vegvesen 2002).

Dessa aspekter gäller för flera brukare, cyklister, fotgängare samt bilister. Offentlig belysning ger brukarna möjlighet att förflytta sig på ett säkert samt komfortabelt sätt. Bilister blir mindre beroende av sitt eget kör ljus för att se klart (Statens vegvesen 2002). Det är viktigt att man i god tid ser alla objekt runt omkring sig både på vägen samt längs gatan. Även detta gäller både för bilister samt fotgängare. God sikt gör så att olyckor kan förhindras (Statens vegvesen 2002). Detta är en förutsättning för god säkerhetsstandard. Det är också viktigt att kunna värdera olika objekts position, hastighet samt riktning, aspekter som kan underlättas av god belysning (Statens vegvesen 2002). För fotgängare är det viktigt att kunna se hinder och trottoarkanten de går på. De skall även kunna se, samt lätt bli sedda. Det är viktigt att undvika mörka zoner ur ett trygghetsperspektiv (Statens vegvesen 2002).

5:1 Belysnings påverkan på kriminalitet samt trygghet

Det finns klara samband mellan belysning och trygghet (Boverket 2010, Brottsförebyggande rådet 2007). En mörkt kontra en ljus bro eller tunnel är som två skilda världar när man pratar om översikt samt trygghet (Statens vegvesen 2002). Med bra belysning kan hot samt faror synliggöras. CIE, det vill säga internationella kommissionen för belysning påpekar detta i flera olika studier (Statens vegvesen 2002). Kriminalstatistiker visar på ett klart sammanhang mellan belysning, rån, stöld samt andra brott (Statens vegvesen 2002, Brottsförebyggande rådet 2007). En stor samt omfattande undersökning som omfattar brott samt belysning har gjorts av The british lighting federation med the institut of public lighting engineers. Studien gjordes på 1970 talet då utebelysningen i England reducerades på grund av den stora oljekrisen. Polisen i Brighton rapporterade att inbrott i bilar ökade med 59% samt 100% i hus där gatubelysningen var helt släckt (Statens vegvesen 2002). Det har även gjorts flera olika studier om brott samt belysning genom åren. Om man går igenom flera studier så får man bra evidens för belysningens effekt på brott. Herbert och Davidson (1994) studerade effekten av förbättrad gatubelysning på brott samt samhällstryggheten i två brittiska städer. De kom fram till att tryggheten ökade med förbättrad gatubelysning, dock så var brottstalen svåra att uppskatta. Quinet och Nunn (1998) rapporterade om en utvärdering där effekterna av gatljus på brott i bostadsområden i Indianapolis i USA. De kom fram till att mer belysning i staden gjorde så att risken för att polisen skulle tillkallas var minde. I USA tittade Loomis et al. (2002) på mord på arbetsplatser, där de tittade på belysning i förebyggande syfte. De kunde se att utomhusbelysning som var stark kunde knytas till färre mord på arbetsplatser. Byun och Ha (2016) fann ett samband mellan belysning och färre inbrott i Seoul, Sydkoreas huvudstad. I USA noterade Groff och Mccord (2012) efter att ha gjort studier i Philadelphias kvartersparker

att belysning förknippas med färre ordningsbrott, men inte med en minskning av vålds- och egendomsbrott. I fråga om den uppfattade tryggheten, så ser vi en stor positiv evidens på belysningseffekt, dock så är några resultat är osäkra. I Sverige tar Tjoa och Devon (2010) fram hur stadsbelysningen i Lund, på ett positivt sätt påverkat den uppfattade personliga tryggheten samt tillgängligheten vid cykelbanor samt promenader

5:2 Belysning och trafiksäkerhet

Olycksstatistik visar på att det är överrepresenterat av olyckor i mörker (Transportstyrelsen 2019). Olyckor i mörker är generellt sätt allvarigare än olyckor som sker i dagsljus (Transportstyrelsen 2019). Orsaken till att det sker fler olyckor i mörker är att oftast för att man inte ser lika klart i mörker. Man ser hinder samt faror mindre bra som man annars skulle kunna undvika (Transportstyrelsen 2019). Vid mörkerkörning får bilisterna begränsad information om:

- Vägens linjer och dess geometri (Statens vegvesen 2002).
- Andra bilisters fordon, hastighet och placering på vägen (Statens vegvesen 2002).
- Människor samt andra föremål som befinner sig på vägen i mörker (Transportstyrelsen 2019).

Detta beror på starkt reducerat synfält, att människor är dålig på att orientera sig i mörker (Transportstyrelsen 2019) samt bländning samt dålig optisk vägledning (Statens vegvesen 2002). Vid låg ljusnivå kan ögat sämre skilja på detaljer samt kontraster (Wänström Lind 2018). Att se klara färger reduceras också (Westholm et. al 2009). Även närsynthet ökar i mörker. De flest övervärderar synfältet vid mörkerkörning, vilket kan leda till olyckor (Statens vegvesen 2002). Utöver detta finns det flera andra aspekter som påverkar olyckor tex trötthet och alkohol (Statens vegvesen 2002).

Utformning av Belysning samt trafiksäkerhetsaspekter för cyklister på GC-Väg

Det går att konstatera att ungefär en tredjedel av de trafikanter i Sverige som skrivs in på sjukhus är cyklister (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Majoriteten av cyklisterna skadas i singelolyckor (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Singelolyckor är också i majoritet när det gäller olyckstypen som är de svåraste skadefallen (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Singelolyckor är därför ett stort problem för säkerheten hos cyklister. Majoritet av olyckor som involverar cyklister i Sverige händer på cykelbanan (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Många av cykelolyckorna på cykelbanan är klassade

som frontalkollisioner. Möjliga åtgärder för att minska cykelolyckorna är att bredda cykelbanan samt förbättra sikten (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Exempel på varför dessa olyckor sker är ojämnt underlag, att cyklister kört på föremål på cykelbanan eller att de kört av banan, men även för hög hastighet (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Det är även konstaterat att mörker samt dålig belysning har bidragit till olyckor. Förekomsten av mörka delar av cykelbanan, som kan uppkomma mellan belysningsstolparna, där stolparna har placerats för långt ifrån varandra eller dimrats till låg nivå bidrar till att cyklisterna har svårt att se hela vägbanan, vilket leder till en säkerhetsrisk (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Det finns även en risk att svarta partier uppstår när vägbelysningen åldrats. Detta då belysningsstyrkan har visat sig att kunna sjunka snabbt några år efter installationen (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Därför är det viktigt att kontinuerligt underhålla samt se till att armaturen håller de kraven som finns för hög standard (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004).

Utformning av Belysning samt trygghetsaspekter för trafikanter på gång- och cykelväg

Ur ett trygghetsperspektiv är rumslighet, orientering samt atmosfär viktiga saker att ta hänsyn till på gång och cykelvägar för trafikanterna (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Man vill uppnå en belysning som ger rätt atmosfär, bra sikt samt överblick, men framför allt är det viktigt att ha bra sikt på sidoområdena på gång- och cykelbanan (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). I en fallstudie om trafikanter som är oskyddade, och som gör anspråk på trygghet i stadsmiljö drar Westin (2011) slutsatsen att följande aspekter ger en känsla av otrygghet på kvällen samt natten. Dessa är avsaknad av belysning, platser som är folktomma, platser där det är mycket skräp samt klotter. Faktorer som är viktiga för tryggheten i bostadsområden är bra belysning, låg vegetation där folk inte kan gömma sig samt identifierbara personer (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Även vegetation i samverkan med belysning kan öka men också minska trygghetskänslan. Detta är helt beroende på hur vegetation placeras ut, hur de sköts, vilka växter det är samt hur belysningen placeras. (Statens väg- och transportforskningsinstitut 2004). Den mänskliga responsen till träd samt annan vegetation visar direkta kopplingar med hälsa. Gunnarsson et al. (2012) har i en rapport, utvärderat hur vegetation kan göra så att trygghet kan ökas samt har kommit fram till att fyra egenskaper är viktiga:

- Vegetation i förhållande till utemiljö. Belysning kan samspela med vegetation men också andra faktorer som är viktiga, exempelvis avstånd samt sidoområdets vegetation.

- Överblick samt kontroll. Möjlighet till flyktvägar, öppna siktstråk, samt möjligheten till att överblicka.
- Täthet samt genomsikt. Vegetation som är mellan knä och ögonhöjd skall vara lätt att se igenom och hög vegetation skall tolkas som en barriär. Vegetation som är medeltät ger ökad trygghet.
- Välskött. Prydlighet samt välskötthet ger en karaktär som är trygghetsskapande mer än vild och oordnad.

6: Material och andra tekniska påverkningar på ljus

6:1 Materialpåverkan på ljus

Material påverkar ljuset på olika sätt. Detta har både för- och nackdelar och måste tas i beaktning när man skall utforma belysning vid broar och tunnlar. Detta både vid befintliga och nya anläggningar (Westholm et. al 2009).

6:2 Reflektion och absorption

Ljus är inte synligt förrän det träffar en specifik yta. Ytor kan behandla ljus på tre specifika sätt. Ljus kan reflekteras av ljusa ytor (Liljefors & Ejhed 1989), det kan absorberas av mörka ytor samt transmittas av ljusgenomsläppliga material. Ett rum upplevs inte som ljust bara för att det finns många och starka ljuskällor, det beror även på hur rummet reflekterar ljuset (Renström & Håkansson 2004). När det kommer till vägtunnlar kan de reflekterande ytorna vara, väggar, tak och markanläggningen. När det gäller broar kan det vara markbeläggning, fackverk, brospann och räcken. Även ytors uppbyggnad samt färg är avgörande för ljusbehandling (Westholm et. al 2009), Renström & Håkansson 2004). Ytor med olika uppbyggnad behandlar ljuset på olika sätt genom flera olika sätt. Det är skuggspel samt glansdager (Liljefors & Ejhed 1989). Detta kan upplevas som både positivt och negativt. Detta beror på en ljuskällas specifika placering samt infallsvinkel. När det gäller blanka ytor, är inte ytans förmåga att reflektera ljus positivt. När det kommer till metallytor är de flesta svåra att belysa, så som rostfritt stål samt aluminium, detta för att det uppstår mörka partier och reflexer (Westholm et. al 2009). Ytorna speglar sin omgivning. Detta innebär att en dålig planerad ljusriktning medför att trafikanter ser spegelbilden av en ljuskälla på en specifik väggyta. Detta medför att trafikanterna bländas vilket medför att det kan uppstå ödesdiga konsekvenser (Westholm et. al 2009). Det är också av stor vikt hur armaturen reflekterar ljus. En vit samt blank insida kastar ut mer ljus än en mörkgrå samt matt yta. När broar skall ljussättas är material av mindre betydelse än om man skall ljussätta en tunnel (Westholm et. al 2009). Färgsättning av ingående material betyder dock väsentligen mer. Trä samt stål måste målas samt ytbehandlas, då kulören samt färgen blir avgörande för reflektionen av ljuset. Betong i broar har en mörkgrå ton, men kan målas eller pigmenteras före gjutning. Materialegenskaper har större betydelse när man ljussätter tunnlar än broar då tunnlar helt omsluter trafikanten och präglar ljusupplevelsen (Westholm et. al 2009, Renström & Håkansson 2004).

6:3 Väggar och tak i tunnlar

Material på väggar kan lättare varieras än på taket i tunnlar. Många äldre tunnlar i Sverige är gjorda inuti berg, här exponeras ofta berget fritt vilket bidrar till dålig ljusreflektion (Westholm et. al 2009). I nyare tunnlar kläs ofta berget in i betong. Anläggningsbetong kan pigmenteras om man blandar in titanoxid för att höja ljushet. Vid hårt trafikerade tunnlar används ofta kakel eller klinker i ljusa toner som då får en god reflektion av ljus (Trafikverket 2019). I gång samt cykeltunnlar är dock taket ofta av betong som inte kläs in (Westholm et. al 2009). Ljusreflektionen påverkas genom målning, pigmentering med titandioxid eller inbladning av vit cement. En vit och blank högreflekterande kakelyta uppfattas ofta som klinisk kall och mörkare tegelyta uppfattas dock som varm samt vänlig (Westholm et. al 2009).

6:4 Färgsättning

Ljutfärgen kan påverka omgivningen på en plats. Material kan få ändrad förmåga att reflektera ljus beroende på hur de färgsätts. En vit bro kräver avsevärt mindre ljus än en svart bro vid ljussättning. Det är viktigt att hålla koll på hur kulören på den färgsatta ytan ter sig vid ljussättning med olika ljuskällor. Olika nyanser uppfattas ofta olika. Exempelvis röd nyans som uppfattas som grå i ljuset från en högtrycksnatriumlampa (Westholm et. al 2009, Renström & Håkansson 2004). Ljutfärg ett visuellt begrepp. Detta handlar inte bara om färgen på ljuset från ljuskällorna (Wänström Lind 2018). En ljutfärg beskrivs som färgtonen i ett specifikt rum, till exempel i en tunnel (Wänström Lind 2018). Uppfattningen av en ljutfärg påverkas av bland annat färgtemperaturen, ljusnivå, ljusfördelning i det specifika rummet samt bländning och färger på den specifika rumsytan (Wänström Lind 2018). Det är alltså viktigt att hålla isär ljutfärg och ljustemperatur, vilket ofta blandas ihop. Begreppet ljutfärg används flitigt Norden (Wänström Lind 2018). Att rum har olika ljutfärger märks när två rums syns intill varandra efter att ha tillbringat tid i ett rum, exempelvis en tunnel så vänjer vi oss vid ljutfärgen (Wänström Lind 2018). Vi anpassar oss till ljutfärgen i rummet som vi då befinner oss i. Ett föremåls färg uppfattas alltså lika oavsett hur ljussituationen i rummet är. Detta kallas för färgkonstans. (Wänström Lind 2018).

6:5 Markbeläggning

Markbeläggningen påverkar också ljuset i tunnlar. I stor utsträckning är markbeläggningen i en tunnel utav asfalt eller betong. Dessa markmaterial påverkar ljuset mycket olika. Betong som markläggning har ljus yta som reflekterar ljus enklare. Hur asfalten upplevs beror på vilken

specifik ballast sten som ingår i asfaltsblandningen. För att få en positiv ljusupplevelse används ofta en kvartsitblandning i asfalten. Svart asfalt däremot absorberar mycket ljus (Westholm et. al 2009, Sundborg 2010).

Genom att lägga till inslag av ljus marksten så förbättras ljusupplevelsen. Färgen på markanläggningen spelar också stor roll för ljusupplevelsen. Det har också en trygghetsaspekt då ljusa färger reflekterar ljus lättare och gör så att tunneln ofta upplevs tryggare än om man har mörkare markbeläggning, som gör så att tunneln ter sig mer dunkel (Westholm et. al 2009, Sundborg 2010). För att förbättra ljusmiljön under broar kan man även lägga krossad ljus sten på ytorna intill de gång samt cykelstråk som passerar under bron (Westholm et. al 2009).

6:6 Form på ljus

Konstruktionens form påverkar ljussättningen (Liljefors & Ejhed 1989). En ljussatt undersida av en bro får en mer öppen karaktär under natten om man jämför med en trång vägport som ljussätts på samma sätt (Westholm et. al 2009). Samma skäl är det med tvärsnittet på en gång samt cykeltunnel för betydelsen hur generös tunneln uppfattas (Westholm et. al 2009). En tunnels övre delar är viktiga för rumsupplevelsen därför att ljuset sprider sig genom en stor takyta. Om tunneltaket är bågformat blir ljuseffekten vackrare (Westholm et. al 2009). En tunnel som vidgar sig mjukt i öppningen får en behaglig ljusgradient. Detta på in samt utsida både under dag samt natt. Det gör så att en mjuk övergång sker mellan ute och inne (Westholm et. al 2009). Belysning har inverkan på hur vi uppfattar form samt textur, detta främst genom hur synsinnet uttolkar ljusgradienter och skugga (Liljefors & Ejhed 1989). Dessa bestäms av ljusets riktning, detta skapar en avgörande förutsättning för hur tredimensionell form samt textur tolkas (Liljefors & Ejhed 1989). Hur form uttolkas med hjälp av skugga samt glans bestäms i stor utsträckning av hur ljusets riktning uppfattas (Liljefors & Ejhed 1989). Tredimensionellt uppfattas på olika vis beroende på vilken ljusriktning man föreställer sig. Om man dock ser varifrån ljuset kommer blir uttolkningen av skuggan oftast entydig (Liljefors & Ejhed 1989). Hur man uppfattar visuell form grundar sig på synsinnets erfarenhet av hur form ter sig med de skuggor som dagsljuset ger. En nyanserad skugga underlättar tolkningen av tredimensionell (Liljefors & Ejhed 1989). Är skuggorna mörka samt skarpa samt om övergången mellan ljus samt skugga saknas, så är det svårare att uppfatta form på ett tillförlitligt sätt (Liljefors & Ejhed 1989). Detta gäller även om skuggorna är så svaga så att de inte ger tillräckligt mycket information (Liljefors & Ejhed 1989).

7. Fysikalisk påverkan på ljus

Utifrån sju olika begrepp kan man beskriva ljuset, detta kännetecknas av visuella aspekter som;

Ljusfördelning: Var det är ljust samt mörkt i ett specifikt rum.

Ljusnivå: Ljusnivån i ett specifikt rum.

Skuggor: Var det faller samt deras karaktär.

Bländning: Var den finns samt vilken karaktär.

Reflexer: Var de finns samt av vilken karaktär.

Ljusfärg: Hur ljusets färg uppfattas.

Ytfärger: Om de ser naturliga eller förvridna ut (Liljefors & Ejhed 1989).

7:1 Ljusnivå

Det ljuset man möts av i en tunnel påverkas mer av rumsytorna reflektans än av hur mycket ljusstrålning det finns i rummet. Om det finns ljusa ytor i ett specifikt rum, behöver bara lite ljus tillföras för att man skall uppleva ljusnivån som hög. Om en rumsyta dock är mörk, så upplevs rummet ha låg ljusnivå, fast effekten är hög. Den upplevelsen man får av ljusnivån när man står i en tunnel påverkas av hur man uppfattar ljusnivån utanför tunneln från den miljön man kommer ifrån innan man går in i tunneln (Westholm et. al 2009, Boverket 2010). Om ingången till tunneln är väl upplyst samt anpassad till tunnels ljusnivå så upplevs tunneln även som ljusare och tryggare. Ljusnivån påverkar även människors upplevelse av kontraster, färger samt skuggor i tunneln. Ju ljusare det är i tunneln desto klarare samt skarpare blir färgerna. Ju mörkare det är desto oklarare samt svagare blir kontrasterna. Ljusets upplevda färg har inverkan på hur ljusnivån upplevs (Boverket 2010, Starby 2003).

Ett rum som är inomhus eller utomhus, som har ringa ljus nivå, kall tonat ljus upplevs ofta som ljusare än ett rum som är varmt ljussatt. Detta trots att ljusflödet är densamma. Idag finns det mycket forskning som tyder på starka kopplingar mellan ljusnivåns skala från mörker till ljus samt en fysiologisk skala mellan vila, vakenhet, aktivitet samt passivitet (Westholm et. al 2009). Om människan exponeras för mycket ljus bidrar detta till förhöjd kortisolproduktion i kroppen, detta stimulerar till aktivitet samt vakenhet, exponering av mörker bidrar till ökad melatoninproduktion som signalerar passivitet och vila till hjärnan. Hur vi upplever ljusnivåer har starka kopplingar till olika känslöstryck. Om man går från ett mörkt till ett ljus rum känns

detta troligtvis befriande men troligen även att en viss intim känsla försvinner. (Küller 2005, Westholm et. al 2009).

7:2 Ljusfördelning

Ljusfördelning har stor betydelse för ett rums karaktär och är även viktig för gestaltning (Liljefors & Ejheds 1989). En jämn belysning som är utan variation ger oftast en enförmig och tråkig karaktär (Liljefors & Ejheds 1989). Detta leder till en ökad trötthet och dess effekt uppkommer ofta i långa tunnlar eller på långa broar när man färdas i ett fordon (Westholm et. al 2009). En ljusfördelning som är allsidig stimulerar vårt synsinne och leder till ökad vakenhet. Det är viktigt att fördela ljus i och utanför tunneln, detta för att låta ögat adaptera sig efter rådande ljusnivå (Westholm et. al 2009). Vilket är viktigt i en vägtunnel där man färdas i hög hastighet. Stora kontraster i ljusfördelning kan skapa bländning (Liljefors & Ejheds 1989). Ljusets måste tas i beaktning. Otillfredsställande ljus kan i ett annat fall vara bra ljus. När man projekterar ny vägbelysning är luminansjämnheten över vägbanan en viktig faktor (Westholm et. al 2009). Jämnheten är ett fysikaliskt mått på hur strålning fördelas över körfältet, detta är väsentligt för att ögat inte skall arbeta sig trött på anpassning, samt adaptera sig till olika ljusförhållanden (Westholm et. al 2009).

Att urskilja saker som ligger på vägbanan är en orsak till att man strävar efter en jämnt belyst körbana (Westholm et. al 2009). Det finns även flera positiva effekter av ljusfördelning. Ljusfördelningen i ett specifikt rum är viktigt för dess karaktär samt är ett påtagligt medel för att gestalta rummet (Liljefors & Ejheds 1989). Den kan varieras i stor utsträckning och små förändringar inverkar på rummets totala karaktär. Olika principer för ljusfördelningen i ett specifikt rum har var och en sin speciella grundkaraktär (Liljefors & Ejheds 1989). De är påtagliga för vår synupplevelse men är dock inte alltid lätta att beskriva i ord eller bild. Kunskap om belysning samt hur man gestaltar det i ett rum kan vinnas bara genom att man har egna iakttagelser samt erfarenhet (Liljefors & Ejheds 1989). Detta gäller i stor utsträckning ljusfördelningen. Om man frågar sig själv i vilken utsträckning ljusfördelning är bra, så är svaret att det hänger ihop med det sammanhang som belysningen förekommer i (Liljefors & Ejheds 1989). Vad som är inte är bra i ett fall kan vara bra i ett annat fall. Ljusfördelningen måste stämma överens med ett specifikt rums utformning samt den verksamhet som bedrivs just där. Det förutsätter att den som planerar har en bra förmåga att leva sig in i en önskad rumskaraktär (Liljefors & Ejheds 1989).

7:3 Skuggor

Skuggor påverkar hur vi människor uppfattar föremål och världen runt omkring oss (Westholm et. al 2009). Det vi ser bygger på kontraster, där skuggorna bidrar till information om det vi tittar på (Westholm et. al 2009). När vi då ljussätter offentliga rum och platser handlar det om att tillföra ljus men även att använda oss utav avsaknaden av ljus i form av skuggor samt mörker, detta för att tydliggöra det vi ser (Westholm et. al 2009). Skuggor kan framhäva men även dölja den formen av en specifik form hos ett föremål eller rum (Wänström Lind 2018). Det föremål vi ser på kan betraktas olika beroende på hur ljuset faller och de skuggor som berör föremålet (Wänström Lind 2018). Om ett specifikt ljus kommer från en lysande källa som är placerad långt bort så blir ljuset samt skuggorna hårda i uttrycket (Wänström Lind 2018). Ljus som kommer från flera ljuskällor samt riktningar samt indirekt från ljusa ytor, gör så att både skuggor och ljus ter sig mjuka (Westholm et. al 2009). Många kontraster och hård skugga i tunnlar samt på broar skapar en otrevlig miljö och med sämre synbarhet, detta leder då till otrygghet (Westholm et. al 2009). Skuggor kan vara direkt besvärande för seendet. Ofta så är det man vill eller måste se för att känna sig trygg under skugga för att armaturen har en olämplig placering (Liljefors & Ejhed 1989). Kan inte armaturen eller synobjekten flyttas måste de senare belysas med särskild armatur (Liljefors & Ejhed 1989). Mörka skuggor ger stora kontraster vilket leder till ett tröttare seende, särskilt om de har skarpa konturer (Liljefors & Ejhed 1989). Om skuggorna är ljusa samt diffust avgränsade ger detta väsentligt mycket bättre synkomfort (Liljefors & Ejhed 1989).

7:4 Bländning

Människor ögon är anpassade för att klara viss bländning. Bländning uppkommer när kontrastförhållandena i människans synfält blir förstora för ögats förmåga att anpassa sig till rådande ljusnivå, men även adaptationsförmågan. Bländning uppkommer bland annat när ljusstrålning från ljuskällor som inte är avbländande träffar ögat. (Starby 2003, Renström, Håkansson 2004). Om vi exponeras för helljus från ett fordon irriterar det ögat men gör också att vi ser sämre (Starby 2003). Ju äldre vi blir desto känsligare blir vi för bländning då ögonen får det svårare att anpassa sig till olika ljusförhållanden på grund av att ögats glaskropp grumlas. Bländning på broar samt i tunnlar är en stor säkerhetsrisk eftersom vår förmåga att uppfatta trafiksituationer blir sämre. Att man inte ser tillräckligt bra får människan att känna sig otrygg. Bländande ljus i gång eller cykel tunnlar ger upphov till obehag hos oss människor. (Knight 2010, boverket 2010). Störande effekter av bländning är vanliga från armaturer och i andra sammanhang där kontrasterna blir för stora. detta kan vara mellan ytor som är belysta olika

mycket, exempelvis bländande reflexer (Liljefors & Ejheds 1989). Principen mot bländning är att man kan utjämna samt minska de kontrasterna som skapar irritation. Det finns flera åtgärder. Dessa kan vara att man skärmar av den bländade ytan i aktuella blickriktningar. Kontraster minskas genom att man gör den bländande ytans omgivning ljusare (Liljefors & Ejheds 1989). Bländningseffekten minskas genom en graderad övergång mellan den bländade ytan samt dess omgivning (Liljefors & Ejheds 1989).

7:5 Reflexer

Reflexer kan uppkomma, mer eller mindre tydligt på ytor som inte är helt matta (Liljefors & Ejheds 1989). Reflexer är beroende av betraktningens riktning och ter sig därför olika från skilda platser i ett specifikt rum (Liljefors & Ejheds 1989). När vi rör oss förändras reflexerna samt ger då intryck av något levande. Reflexer uppträder ofta så att de försvårar seendet, detta genom att försämra kontraster för andra bilister, fotgängare och cyklister. Detta kan få svåra konsekvenser i tunnlar eller vid broar (Liljefors & Ejheds 1989). Reflexer kallas ofta för synförsvårande blänk när de stör seendet. Blänkande föremål bör därför undvikas under tunnlar samt vid broar, då dessa kan försämra seendet (Liljefors & Ejheds 1989). En reflex är en spegelbild av en ljus yta som kan bidra till bländning (Liljefors & Ejheds 1989). Begreppen reflex och bländning har dock olika innebörd och måste hållas isär, reflexer ger långt ifrån alltid bländning. Bländning kan uppstå på många olika sätt. Reflexers karaktär avgörs av en lysande ytas storlek, men även uppbyggnad, glans och ögats betraktningssvinkel (Liljefors & Ejheds 1989). Ljussättning i tunnlar skall placeras så att störande reflexer inte uppkommer (Westholm et. al 2009). Materialval är också en viktig aspekt, då exempelvis blanka material bör undvikas så att inte de reflekterar ljusstrålningen. Reflexer är inte bara något negativt då reflexer skänker även liv åt det vi ser (Westholm et. al 2009). Ord som glitter och skimmer beskriver positiva upplevelser där reflexer ofta av olika slag närvarar. Reflexer kan alltså även berika synupplevelsen.

7:6 Ljutfärg

Hur man upplever ljutfärg handlar mer om känslöstämning än om den direkta färgupplevelsen. (Liljefors & Ejheds 1989). Dagsljuset skiftar i ljutfärg under dygnets timmar vilket bidrar till människors stämningar (Westholm et. al 2009). Ljus har tre karaktärsfärger; varmt, neutralt och kallt. Det finns samband mellan val av ljutfärg och upplevelse av ytfärg. Ett rum som är varmt belyst ger dock inga garantier för en varm rumsatmosfär (Liljefors & Ejheds 1989). Blåa färger

behöver inte ge ett rum en kylig atmosfär (Liljefors & Ejhed 1989). Ljuset samt dess spektrala sammansättning avgör dess atmosfär vad gäller ljusfärg. När man väljer belysning till broar och tunnlar handlar det om vilken känsla man vill skapa (Westholm et. al 2009). Om ljusfärgen har ett orienterande syfte, med tanke på trygghets samt synbarhetsaspekter eller om ljusfärgen skall gestalta konstruktioner på ett speciellt sätt (Westholm et. al 2009). Dock rekommenderas återhållsamhet vid användningen av färgat ljus i dessa sammanhang. För stor variation av belysning skapar en orolig ljusmiljö för trafikanterna (Westholm et. al 2009).

7:7 Ytfärger

Människans upplevelse av färger påverkas av vilket ljus vi betraktar de i. Den spektrala sammansättningen av ljusstrålning har olika ljuskällor samt olika förmåga att återge färger. Människors förmåga att urskilja nära färgnyanser stiger med en ökad ljusintensitet. (Westholm et. al 2009, Liljefors & Ejhed 1989). Liten färgförvrängning är önskvärd men det finns dock tillfällen då en förvrängd färgupplevelse förstärker den önskade effekten (Westholm et. al 2009). Det bör då vara ett medvetet val i gestaltungsarbetet. I väg samt gångtunnlar bör man använda sig utav ljusa material och ytfärger, detta för att få en god reflektion av ljuset (Westholm et. al 2009). Studier har gjorts i olika anläggningar där man har använt sig av starkare ljusnivåer i kombination med uppåtriktat ljus mot taket från en takkrona. Detta gjorde så att informanterna uppfattade att rummets höjd och storlek ökade (Wänström Lind 2018). När detta rum i stället belystes med mindre mängd ljus mot taket samt mer ljus mot väggarna så verkade då rummet lägre men mycket bredare (Wänström Lind 2018). I en skalmodellstudie uppfattades ett rum med mer ljus på väggarna som större än ett rum med mindre ljus på väggarna. I båda dessa fallen har en ljusare yta bidragit till ett uppfattat ökat avstånd i riktningen mot den belysta ytan, detta gäller både uppåt samt åt sidorna (Wänström Lind 2018). Detta är i linje med forskning längre bakåt i tiden. I ett experiment av Carl Axel Ackling och Rikard Kuller så bedömdes det att ett rum som hade svart golv kändes mindre än ett rum som hade vitt golv (Wänström Lind 2018). Även ett rum som hade två ljusmålade motstående långa väggar intill mörkare kortväggar, uppfattades dessa som djupare samt mer avlånga än om väggarna var målade tvärtom, alltså med ljusa kortväggar samt mörka sidoväggar. I detta fall så uppfattades inte den ljusa ytan framför betraktaren som större (Wänström Lind 2018).

8: Projektering

Vid projektering är det viktigt att ha gjort en analys av omgivningen och hur en eventuell ljussupplevelse kommer att påverkas. Man får ta hänsyn till spilljus från trafikleder, byggnader och från reklampelare eller liknande (Westholm et. al 2009). Det kan även finnas boende eller verksamma omkring objektet som påverkar ljussättningen. Att besöka och analysera bra samt mindre bra projekt, som gjorts innan man tar sig an det nya projektet har flera fördelar (Westholm et. al 2009). Detta förbättrar förutsättningarna för ett gott resultat vid ljusplanering av broar och tunnlar. Vägverket, det vill säga nuvarande Trafikverket, har gjort en större satsning på litteratur om vägarbete under de senaste 10 åren (Westholm et. al 2009). I det tidiga projekteringsstadiet använder man sig ofta utav olika visualiseringsprogram i 3D, exempelvis Autocad, Revit samt Illustrator för att nämna några (Westholm et. al 2009). Med dessa program ges det möjlighet att beskriva effekterna av olika ljuskällor samt ljusstyrkor på ett realistiskt sätt (Westholm et. al 2009).

8:1 Beräkningsprogram

Vid projektering av moderna belysningsanläggningar används idag flera beräkningsprogram, uträkningarna visar ljusfördelning, luminans och belysningsstyrka i förhållande till installerad effekt (Westholm et. al 2009). Dessa beräkningar tar inte med ljusets relativitet då det kan ses som ett trubbigt verktyg som ger en viss indikation om den verkliga ljussättningen. Talen som då redovisas i programmen är absoluta, verkliga sammanhang måste dock visuella aspekter och platsens förutsättningar tas med för att kunna åstadkomma en lämplig ljussättning (Westholm et. al 2009).

Belysningstekniska beräkningar skall man göra för att kunna få sig en försäkring om att anläggningen uppfyller de bestämda kraven på belysningsteknisk kvalitet (VTI u. å). Ofta räknar man på ett teoretiskt vägsnitt, där väljs vägbredd och andra relevanta parametrar utifrån vägen ifrågas egenskaper. Dessa beräkningar ger värden på belysningstekniska parametrar. Medelluminans är ett exempel VTI u. å). Man får även en bild av ljusets spridning och jämnhet för torra vägbanor. Det blir dock svårt utifrån beräkningarna att dra slutsatser om hur nivån på belysningen kommer att upplevas på platsen i fråga. Det är även svårt att dra slutsatser om inkluderingseffekter från väta, regn och reflexioner (VTI u. å).

För belysning vid vägar samt gator görs det beräkningar på ytan som är mellan två närliggande armaturer. Med hjälp av dessa beräkningar så kan man bestämma ett lämpligt radavstånd för

den valda armaturen samt stolphöjden som bör motsvara vägbredden. Stolpavståndet skall vara mellan 4–5 gånger höjden. Jämnheten på belysningen är kopplad till stolphöjd och stolpavstånd (VTI u. å). Luminansen och belysningsstyrkan å andra sidan är kopplad till armaturens ljusflöde. När man beräknar så förutsätts det att vägsträckan är rak samt ytan horisontell. Om vägen i verkligheten är kraftigt kurvig eller har kraftig lutning kan man behöva justera stolpavståndet på dessa platser (VTI u. å).

8:2 Kalkylering av kostnader

Det är viktigt vid alla former av projektering att kalkylera alla kostnader för att få ett så bra resultat som möjligt. Förutom armaturerna vid ljussättningen med dess ljuskällor måste alla kostnader för strömförsörjning, ledningsdragningar inklusive erforderliga skyddsanordningar, montage, provbelysningar samt injusteringar, skötsel under garantitid med mera kunna beräknas för att en bra utförande process ska bli möjlig (Westholm et. al 2009). Vägbelysningsanläggningar bör ha en lång livslängd. Stolpar samt armaturer skall kunna sitta upp 25 till 50 år innan de byts ut. Kabel och kanalisation skall kunna ha en livslängd på 50–100 år. Det är därför viktigt att vid planeringsstadiet ta hänsyn till anläggningens kostnad under hela livscykeln (LCC), det vill säga att förutom investeringskostnaden även ha med kostnaderna för underhåll och energi (VTI u. å).

8:3 Provbelysning och uppföljning

En effektbelysning kräver alltid en provbelysning då placeringen av armatur och ljuskvalitet är avgörande för resultatet (Göteborgs stad 2016). Det är viktigt att man provar den projekterade belysning och ser så att belysning uppfyller de krav samt mål som man har satt för produkten. Det kan behövas att man gör flera provbelysningar för att komma upp i de krav man har ställt på belysningen. Vid projekt på broar samt i tunnlar där man skall utföra en probelysning så är ofta inte själva konstruktion av bron eller tunneln klar och man kan då få använda sig av en modellbro eller modelltunnel (Westholm et. al 2009). Provbelysningen kan dock ske under flera olika tidpunkter under projektets gång. Man kan göra det i ett tidigt skede för att se hur armaturen sprider sitt ljus samt deras egenskaper (Göteborgs stad 2016). Om provbelysningen sker i ett senare stadie av projektet så kan det vara för att se hur belysningen samspelar med annan belysning i omgivningen (Göteborgs stad 2016).

Uppföljning

Det är mycket viktigt att man följer upp färdiga belysningsprojekt så att man kan förbättra anläggningen samt att inte upprepa fel vid framtida projekt. Uppföljningarna bör även göras kontinuerligt under loppet av flera år (Vägverket 2009).

9: Underhållaspekter

För att minska underhåll och onödiga reparationer bör man undvika att placera stolpar och armaturer där de riskerar att bli påkörda eller utsatta för vandalisering (VTI u. å). På vägar med tung trafik blir det ofta svårt att komma åt armaturerna för service såsom lampbyte och tvättning. Det är därför viktigt att redan vid projekteringsstadiet tänka på placeringen av ljuspunkterna så att det underlättar underhållet senare i processen (VTI u. å). Det är viktigt att ljuskällorna i de olika anläggningarna underhålls och tvättas regelbundet så att belysningen kan fylla den funktion som de är till för (Westholm et. al 2009). Smutsiga, söndriga ljus som håller på att brinna ut försämrar säkerheten i tunnlar samt på broar avsevärt. Dåligt skötta ljuskällor kan bidra till att man inte ser sig själv eller sina medtrafikanter (Westholm et. al 2009). Svagt ljus från ljuskällorna gör så att tunnelarna och broar ter sig mörka och kan få människor att känna obehag. Människor som begår brott rör sig oftare mot mörka platser där dom förblir dolda (Haans & de Kort 2012, Van Rijswijk & Haans 2017). Svag belysning kan bidra till krockar samt att man missar avfarter eller korsar körbanan, aspekter som kan bli fatala (Westholm et. al 2009).

9:1 Underhåll

Tvättning av armaturer från damm, avföring samt smuts är viktigt för att bibehåll hög verkningsgrad på belysningen (Westholm et. al 2009). Byte av ljuskällor görs ofta gruppvis. Utöver gruppbyten görs ofta ronderingar för att byta enstaka ljuskällor som gått sönder. Att lätt kunna öppna en armatur så att man kan byta ljuskällan är en viktig tidsbesparingsaspekt, men även ur en arbetsmiljösynpunkt (VTI u. å). I hårda miljöer med hög luftfuktighet samt höga salthalter är det extra viktigt att tänka på att armatur och monteringsstillbehör är behandlade med rostskydd så att inte korrosion uppstår (Westholm et. al 2009). Armaturer som är placerade nära väggkanten på en låg höjd blir ofta lätt nedsmutsade av avgaser samt damm, detta gör så att de måste rengöras oftare. Vid användning av markstrålkastare är det viktigt att dessa är väldränerade (Westholm et. al 2009).

9:2 Livslängd

Om specifik armatur är uppsatt på ett sådant vis så att den blir svårt att underhålla och svår att byta ljuskälla på så bör en ljuskälla med lång livslängd väljas (VTI u. å). Det är inte bara ljuskällorna som har en begränsad livslängd. Även drivdonen som sitter i armaturen har

begränsad livslängd. Detta don startar och driver ljuskällan (Westholm et. al 2009). Livslängden hos både drivdon samt ljuskällor måste anpassas för optimala användning. LED- armaturer har blivit allt vanligare på broar och i tunnlar. Det har inte bara fört med sig bättre belysning, utan det finns flera nackdelar med dessa (Westholm et. al 2009). Det har uppstått omfattande driftproblem på de anläggningarna i Sverige som har LED-armatur. Detta blir olyckligt då ljuskällorna har en brinntid på 50 000 timmar, vilket är ungefär 12–15 år, om kylningen av de berörda ljuskällorna är korrekta (Westholm et. al 2009). Armatur på broar och i tunnlar måste ha en god kapsling och vara utförda av korrosionsbeständiga material. Luft måste även komma till för att kyla armaturen (Westholm et. al 2009) vilket medför att ett motsatsförhållande uppstår och är viktigt att ta itu med. Den nya generationen av LED-armatur för dessa ändamål är ingjutna i aluminiumhöljen som även har försetts med kylflänsar. Det rekommenderas att använda sig av armatur av hög kvalitet. Det blir mycket dyrt att behöva byta ofta och det leder till att man behöver stänga av en hel bro eller tunnel vid nya monteringar (VTI u. å, Westholm et. al 2009).

9:3 Vandalisering

Vandalisering av armatur är vanlig och försämrar även det ljuskällans funktion. Detta bidrar till att säkerheten försämrar. Kostnaden för reparationer av vandaliserad belysning på offentliga platser i Sverige är mycket stor (Westholm et. al 2009). Flera städer i Sverige har beräknat kostnaderna för vandaliseringen av sin belysning i staden. Bara kostnaderna i Stockholm uppgick år 2000 till drygt 2 miljoner kronor, och i Borås år 2008 en halv miljon kronor (Westholm et. al 2009). En utsatt plats som är dåligt planerad, och utan uppsikt, riskerar att vandaliseras. Belysning är även särskilt utsatt för skadegörelse då den är lätt att förstöra och att man ser den tydligt när det är mörkt. Man kan då med hjälp av mörkret ta sönder armatur utan att synas. (Westholm et. al 2009). Om inte belysningen fungerar som den skall i en tunnel eller på en bro kan det öka överfall samt bidra till olyckor, vilket kan bli förödande och direkt livsfarligt. Man kan både bli påkörd som bilist och fotgängare om inte ljuset funkar som det skall. Även brottslighet drar sig till mörka och dunkla platser (Haans & de Kort 2012, Van Rijswijk & Haans 2017).

10: Diskussion

God belysning har stor inverkan på bland annat trygghetskänslor, brottslighet samt olycksprevention. Detta går att visa med hjälp av att besvara litteraturstudiens tre frågeställningar. De lyder; ”Hur man utformar belysning på gång, cykelbanor och väg för fordonstrafik på broar och i tunnlar för att människor skall känna sig trygga, förebygga brott och förhindra olyckor?”, ”Hur ser utformningen samt de tekniska lösningarna ut av belysning på broar och i tunnlar?” och ”Vad för olika komponenter av belysningen måste finnas med för att förebygga olyckor, brott och en otrygg känsla?”. Alla tre frågeställningar har under litteraturstudien kunnat besvaras med hjälp av huvudkomponenterna och deras tillhörande underaspekter som alla bidrar med att komma underfund med vad god belysning är samt varför det behövs på broar och i tunnlar. Det innebär att alla komponenter och aspekter behöver tas i beaktning och användas under olika perioder under processen. Men vad är då god belysning? Enligt studiens resultat är det flera olika komponenter samt lösningar som bidrar. Det är både val av material, tekniska påverkningar, fysikaliska påverkningar, ljusets egenskaper, hur man projekterar samt hur man underhåller belysningen.

Studien redovisar därmed olika huvudkomponenter eller lösningar som även dessa har flertalet underaspekter. Dessa huvudkomponenter eller lösningar är; material och andra tekniska påverkningar på ljus, fysikalisk påverkan på ljus, projektering av ljussättning och underhållsaspekter som bidrar till god belysning. När det gäller val av material samt teknisk påverkan kunde studien liknande resultat i andra undersökningar. Exempel på detta är att reflektioner av ljus även enligt Renström & Håkansson (2004) spelar en viktig roll vid belysning och att dåligt planerad ljusrikning kan medföra att trafikanter bländas och ge andra ödesdigra konsekvenser (Westholm et. al 2009).

Även komponenter som fysikaliska påverkningar på ljus, ljusets egenskaper, projektering samt underhåll av belysning redovisas och diskuteras väl av diverse teoretiker som identifierats under litteraturstudien. Däremot varken framgår det eller undersöks det inte hos tidigare studier skrivna av andra författare som exempelvis Renström & Håkansson (2004) och Westholm et. al (2009) att det är sammanställning av komponenterna som faktiskt resulterar i god belysning då denna studie menar att det krävs alla ovan nämnda komponenter.

Resultatet av denna litteraturstudie, det vill säga en sammanställning av komponenterna; material och andra tekniska påverkningar på ljus, fysikalisk påverkan på ljus, projektering av ljussättning och underhållsaspekter samt alla deras respektive underaspekter som enligt studien behövs för att skapa god belysning, skulle i framtiden kunna användas för att på ett mer sammanställt vis förklara och styrka vad som faktiskt krävs för att uppnå god belysning. Detta då studien bidrar med en sammanställning och kombination av komponenterna och uppmuntrar till framtida kombination vid praktisk implementering för att eventuellt kunna förebygga brott och olyckor samt bidra med trygghetskänslor med hjälp av ljus på broar och i tunnlar (Westholm et. al 2009). Framtida konsekvenser av studien skulle då exempelvis kunna vara att fler människor upplever trygghetskänslor, färre brott begås samt att färre olyckor sker på grund av dålig belysning. En landskapsingenjör kan med hjälp av sin kunskap inom bland annat projektering, materialval och tekniska lösningar bidra till att den goda belysningen planeras på rätt sätt, utformas samt underhålls utefter de förhållanden som finns i tunnlar och på broar. I detta fall innebär det även att rollen som landskapsingenjör är med och bidrar för att besökare och nyttjare skall känna sig säkrare och uppleva trygghetskänslor när de besöker just broar och tunnlar.

En potentiell svaghet med studien skulle kunna vara att dess omfång och storlek är för liten för att kunna dra fullständigt trovärdiga slutsatser och resultat kring vad som anses vara god belysning. Genom att utföra en större litteraturstudie skulle eventuellt fler viktiga komponenter identifieras och studiens slutsats eller resultat antas vara med täckande och trovärdigt. Däremot är det en styrka hos studien att den sammanställer information som tidigare inte kombinerats hos exempelvis Westholm et. al (2009) för att uppnå bästa möjliga resultat när det gäller god belysning.

En annan svaghet med studien är att det inte tas någon hänsyn till att det krävs andra brottförebyggande arbeten och att det inte bara räcker med god belysning för att ge trygghet eller trygghetskänslor. Dessutom finns risken för att belysning i tunnlar och på broar kan ge besökarna en falsk trygghet vilket negativt påverkar och till och med motverkar den effekt som installerandet av belysningen hade från början. Det innebär att besökaren upplever en känsla av trygghet på grund av de upplysta områdena men att det fortfarande kan inträffa olyckor och att brott kan begås även om tunnlar och broarna är belysta. Med det menas att besökarna kan luras in i att uppleva trygghetskänslor av ljuset, men platsen kan fortfarande ligga i ett osäkert eller otryggt område vilket inte minskar brott eller olyckor.

Vid diskussioner kring trygghet och säkerhet när det kommer till hur besökarna och nyttjarna upplever tunnlar och broar finns det en viss skillnad i vad begreppen innebär. Skillnaden mellan de två begreppen är att trygghet ofta benämns som en känsla en individ kan ha (Boverket 2019), medan säkerhet är ett resultat som uppnås av antingen egenskaper eller handlingar som bidrar till en avtagande sannolikhet av till exempel olyckor, brott eller andra obehagliga situationer (NE.se 2021).

Materialet till denna studie har hämtats från vetenskaplig litteratur, rapporter samt publikationer från statliga myndigheter, kommuner forskning, och andra relevanta publikationer. Dessa har fungerat väl som källor då studien bidrar med ny information i form av kombinationen av komponenterna; material och andra tekniska påverkningar på ljus, fysikalisk påverkan på ljus, projektering av ljussättning och underhållsaspekter. Då litteraturstudien är en djupdykning i nyss nämnda komponenter och dess underaspekter hade jag inte valt att göra den på något annat sätt än det som presenteras i uppsatsen.

10:2 Slutsats

Studien visar att god belysning viktig för att kunna skapa trygghetskänslor och förhindra brott samt olyckor. För att kunna uppnå god belysning krävs det en början i det så kallade projekteringsstadiet som fortsätter att vara relevant långt efter projektet är färdigt ställt på grund av att underhållet av exempelvis armaturer tar vid. Studien resulterar i att följande komponenter har stor betydelse för att kunna uppnå och skapa god belysning.

- Ljusets egenskaper
- Hur material samt tekniska påverkningar påverkar ljus
- Projekteringens inverkan
- Underhållsaspekter

Allt detta i kombination bidrar till god belysning, vilket i sin tur kan skapa trygghetskänslor, förhindrar brott samt olyckor.

11: Källförteckning

11:1 Skriftliga källor

AB svensk byggtjänst., Sundborg, B. (2010). *Ljus i bebyggelsen, Om stadsplanering och arkitektonisk utformning*. Stockholm: AB svensk byggtjänst.

Arkus., Westholm, H., Undeland, H., Milsta, A., Eliasson, T., Fagerström, L., Rydsjö, P. (2009). *Ljussättning av broar och tunnlar*. Arkus.

Boverket. (2002). *Stadsplanera-istället för trafikplanera och bebyggelseplanera*. 1 uppl., Karlskrona: Almqvist & Wiksell Tryckeri.

Haans, A. & de Kort, A. W. Y. (2012). Light distribution in dynamic street lighting: two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape. *Journal of Environmental Psychology*, 32(4), ss.342–352.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494412000382>

Knight, C. (2010). Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night. *Lighting Research and Technology*, 42(3), ss.313–329.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1477153510376794>

Küller, R. (2005). *Icke visuella effekter på människan av ljus och färg*. I Johansson, M. & Küller, M. (red.) *Svensk miljöpsykologi*. Lund: Studentlitteratur. Ss. 85–100.

Liljefors, A. & Ejhed, J. (1990). *Bättre belysning*. Stockholm: Ljunglöfs Offset AB

Lillebye, E., Seim, K., Selberg, K.A., Statens vegvesen vegdirektoratet (2002). *Veg- og gatelys*. Oslo: Statens vegvesen vegdirektoratet.

Lindh Wänström, U. & Studentlitteratur. (2018). *Ljusdesign och rums-gestaltning*. 1:1 uppl., Lund: Studentlitteratur AB

Renström, K. & Håkansson, P. (2004). *Ljus och belysning: en handbok om ljus, seende, ljusplanering och belysningsteknik*. Stockholm: Liber.

Starby, L. (2003). *En bok om belysning*. Stockholm: Ljuskultur

Van der grift, E & Van der ree, R. (2015). Guidelines for Evaluating Use of Wildlife Crossing Structures, *Handbook of Road Ecology*. 1 uppl, 119-128
https://www.researchgate.net/publication/280880539_Guidelines_for_Evaluating_Use_of_Wildlife_Crossing_Structures

van Rijswijk, L. & Haans, A. (2017). Illuminating for Safety: Investigating the Role of Lighting Appraisals on the Perception of Safety in the Urban Environment. *Environment and behaviour*, ss.1–24.
<https://doi.org/10.1177/0013916517718888>

11:2 Elektroniska källor

Arbetsmiljöverket (2021). *Ljus och belysning*. [Faktablad]. Arbetsmiljöverket.
[Ljus och belysning - Arbetsmiljöverket \(av.se\) \[2021-09-17\]](#)

Brottsförebyggande rådet (2007). *Förbättrad utomhusbelysning och brottsprevention*. (2007:28). Stockholm: Brottsförebyggande rådet
https://www.bra.se/download/18.cba82f7130f475a2f180006312/1371914721870/2008_forbat_trad_belysning_och_brottsprevention.pdf

Boverket (2019). *Brottsförebyggande och trygghetsskapande perspektiv och åtgärder i samhällsbyggnads-processen*. (2019:20). Karlskrona: Boverket.
<https://www.boverket.se/contentassets/37fed9b575d846c1bcdd3bdfb2db47f9/brottsforebyggande-och-trygghetsskapande-perspektiv-och-atgarder.pdf>

Boverket (2019). *Trygghet- ett mångtydigt begrepp*. [Faktablad]. Boverket.
[Trygghet - ett mångtydigt begrepp - Boverket \[2021-09-17\]](#)

Boverket (2010). *Plats för trygghet- Inspiration för stadsutveckling*. 1 uppl. Karlskrona: Boverket
https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/plats_for_trygghet.pdf

Byun, G., & Ha, M. (2016). Factors of a surveillance environment that affect burglaries in commercial districts. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 15, 73–80.
[Factors of a Surveillance Environment that Affect Burglaries in Commercial Districts \(tandfonline.com\)](#)

Chang, S-P. & Choo, J-F. (2009). Values of Bridge in the Formation of Cities. *IABSE Symposium Report*.
<https://www.researchgate.net/publication/228786691> Values of Bridge in the Formation of Cities

Groff, E., & McCord, E. S. (2012). The role of neighborhood parks as crime generators. *Security Journal*, 25, 1–24
[The role of neighborhood parks as crime generators \(elizabethgroff.net\)](#)

Gunnarsson, A., Jansson, M., Fors, H., & E. Kristensson (2012). ”Vegetationsstyrning för ökad trygghet.” Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, Landskap, Trädgård, Jordbruk, Rapportserie, Rapport 2012:13, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap.
https://pub.epsilon.slu.se/9014/7/gunnarsson_et_al_120903.pdf

Göteborgs Stad Trafikkontoret (2016). *Tekniskhandbok (TH 2016:1)*. Göteborg: Göteborgs stad Trafikkontoret
https://tekniskhandbok.goteborg.se/Arkiv/2016-1/site/planering_utformning_belysning_provbelysning.html

Herbert, D., Davidson, N. (1994). Modifying the built environment: the impact of improved street lighting. *Geoforum*. 25 (3), 339-350. [Modifying the built environment: the impact of improved street lighting | David Herbert; Norman Davidson | download \(booksc.eu\)](#)

Tjoa, P. F., & Devon, R. (2010). Safety by design: A review on planning and design strategies for a safer living environment in higher education communities. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 8, 301–309.

[@ \(wiete.com.au\)](mailto: @ (wiete.com.au))

Loomis, D., Marshall, S.W., Wolf, S. H., Runyan, C.W., Butts, J.D (2002). Effectiveness of Safety Measures Recommended for Prevention of Workplace Homicide. *JAMA The Journal of the American Medical Association*. 287 (8), 1011-1017. [Effectiveness of Safety Measures Recommended for Prevention of Workplace Homicide | Occupational Health | JAMA | JAMA Network](#)

Mouratidis, A. (2009). *The “Cut-and-Cover” and “Cover and-Cut” Techniques in Highway Engineering*.

[Ppr0864.pdf \(ejge.com\)](#)

Nationalencyklopedin (u. å.). Belysning.

[belysning - Uppslagsverk - NE.se. \[2021-08-02\]](#)

Statens väg-och transportforskningsinstitut (2014). *Trafiksäkerhets- och trygghetsaspekter i samspelet mellan gatumiljöns utformning och en mer energieffektiv belysning*. (VTI rapport 816). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:714169/FULLTEXT01.pdf>

Quinet, Kenna D. och Samuel Nunn (1998). Illuminating crime: The impact of street lighting on calls for police service. *Evaluation Review*, 22, 751–779

[\(PDF\) Illuminating Crime: The Impact of Street Lighting on Calls for Police Service \(researchgate.net\)](#)

Transportstyrelsen (2019). *Vilket mörker Sommar- och vintertidens betydelse för fotgängares trafiksäkerhet*. (TSV 2019–851). Transportstyrelsen.

<https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/vag/trafikant/vilket-morker-20190315.pdf>

Trafikverket (2019). *En av Sveriges största ekodukter planeras över tvärförbindelse Södertörn*. [Faktablad]. Trafikverket.

[En av Sveriges största ekodukter planeras över Tvärförbindelse Södertörn - Trafikverket. \[2021-08-15\]](#)

Trafikverket (2020). *Skötsel av tunnlar*. [faktablad]. Trafikverket.

[https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-broar-och-tunnlar/Skotsel-av-tunnlar/. \[2021-08-02\]](https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-broar-och-tunnlar/Skotsel-av-tunnlar/. [2021-08-02])

Trafikverket (2019). *Så bygger vi tunnlarna*. [faktablad]. Trafikverket.

[https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/vi-bygger-och-forbatttrar/Forbifart-stockholm/Tunnlar/Sa-bygger-vi-tunnlarna/. \[2021-08-02\]](https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/vi-bygger-och-forbatttrar/Forbifart-stockholm/Tunnlar/Sa-bygger-vi-tunnlarna/. [2021-08-02])

TRVK (2012) *Vägar och gators utformning* (2012:179). Borlänge: Trafikverket.

https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12056/RelatedFiles/2012_179_krav_for_vagar_och_gators_utformning.pdf.

VTI (u. å.) *Vägbelysningshandboken*. Fors, C., Statens väg- och transportforskningsinstitut.
https://www.trafikverket.se/contentassets/18ab6d1957f04fa49039b11998c7c016/handbok_va_gbelysning_ver_14_140625.pdf

Vägverket (2009). *Götatunneln utvärdering arkitektur och stadsbyggnad-utvärdering/kritik*. Göteborg: Vägverket. (Publikation 2007:94). Vägverket
PUBLIKATION 2007:94 UTVÄRDERING AV GÖTATUNNELN. Götatunneln. Utvärdering arkitektur och stadsbyggnad - PDF Free Download (docplayer.se)

Westin, L. (2011) ”Oskyddade trafikanters anspråk på trygghet i stadsmiljön - En fallstudie i stadsdelen Gunnesbo i Lund”. Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg 2011, Thesis 211.
<https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8921012>