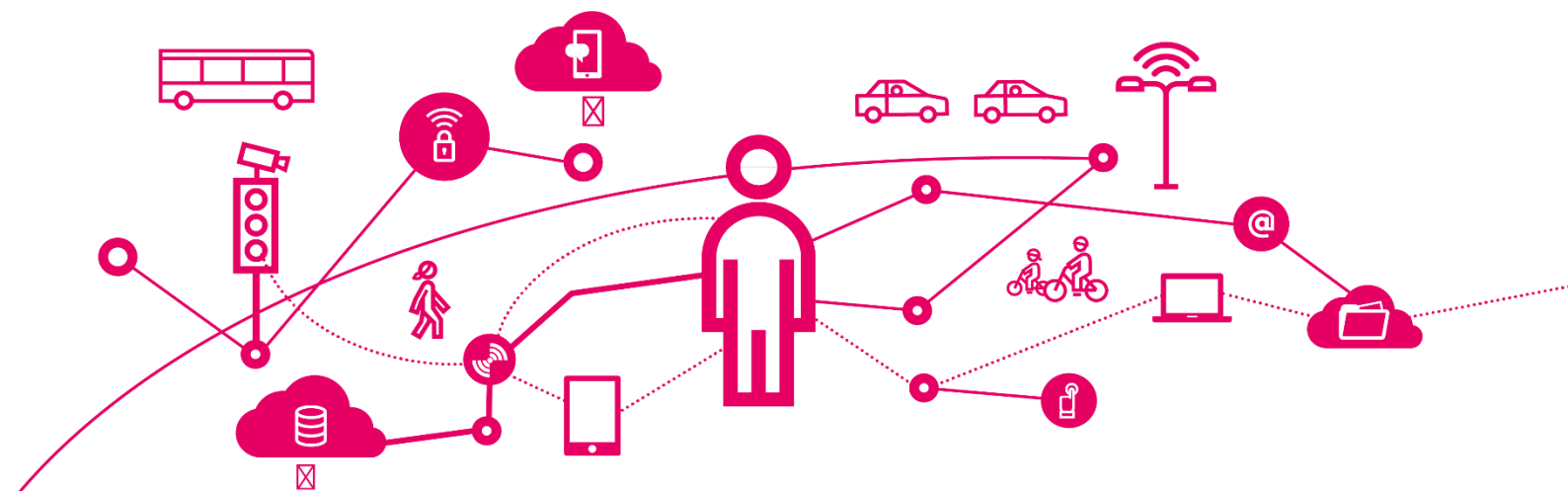


# Smart och uppkopplad belysning

**Projekterfarenheter och rekommendationer  
för fortsatt arbete**

Projektperiod 2018-2020



## **Smart och uppkopplad belysning**

### **Projekterfarenheter och rekommendationer för fortsatt arbete**

**Dnr:** KS 2018/000119

**Datum:** 2020-12-10

#### **Rapporten är framtagen av:**

Maria Holm, stadsledningskontoret Stockholms stad

Björn Lindelöf, trafikkontoret Stockholms stad

Marika Wasserman, Governo AB

Rebecca Hagberg, Governo AB

Petter Österlund, S:t Erik Kommunikation

Tomas Wiiand, Softronic

Christian Wallenberg, Softronic

Henrik Hammarberg, PwC

Peter Lundgren, Forefront

Anna Waernborg, Light Bureau

## Sammanfattning

Projektets uppdrag har varit att effektivisera och modernisera en del av Stockholms stads belysningsanläggning med hjälp av ny teknik. Idag bygger ljusstyrningen på att en signal skickas ut med ett kommando om att slå på eller av ljuset. Det finns ingen möjlighet att få information från anläggningen och trafikkontoret är till stor del beroende av allmänhetens felanmälningar. Med en datadriven anläggning kan trafikkontoret hämta information om status för snabbare felrapportering, styra effektivare genom att reglera ljusnivåer och få uppdaterad information om energiförbrukning.

Projektet har arbetat i stadsdelsområdet Spånga-Tensta med ett pilotinförande av smart och uppkopplad belysning. Resultatet ska kunna skalas upp och vara applicerbart i andra stadsdelar, lösningarna ska vara icke-proprietära, ekonomiskt rimliga och hållbara över tid. Det som har monterats i pilotområdet är:

- 180 LED-armaturer
- Nya stolpar med tre luckor för att kunna bygga ut med nya tekniska funktioner och för att kunna integrera teknik i stolpen
- Stolpar av komposit (plast) testas som ett alternativ till stål
- Tätare placering av stolpar på en av sträckorna för ett jämnare ljus som kan förbättra trygghetsupplevelsen
- En ljusinstallation på Taxingeplan i Tensta centrum

Den tekniska lösningen består av:

- Systemstöd för belysningsstyrning
- Gateway
- Smart armatur med styrenheter
- Sensorer för närvarostyrning
- Belysningscentraler med styrenheter
- Effektbelysning, programmerbar och med möjlighet till fjärrstyrning

Projektet har upphandlat både beprövad teknik, stolpar och armaturer, och ny teknik som mobil nätverkskommunikation och nya funktioner för belysningsstyrning. Att upphandla modulärt för att kunna arbeta långsiktigt med en flexibel lösning har visat sig vara en utmaning. Marknaden är inte mogen och företagens affärsmodeller följer inte de behov av en flexibel lösning som verksamheten har. Det är ofta leverantörsspecifika lösningar som erbjuds. Standarder måste utvecklas och användas i större

utsträckning. Trafikkontoret har påbörjat resan med att modernisera belysningsanläggningen. Ett steg som gjorts på den vägen är att ställa krav på standarder och trafikkontoret är idag medlem av TALQ konsortiet och ställer krav vid inköp av enheter att de är anpassade för Zhagabook 18. Om fler kommuner och städer följer vägvalen kommer en leverantörsoberonde lösning vara möjlig i framtiden. Det trafikkontoret kommer att bygga vidare på är:

- En lösning som bygger på gemensamma industristandarder
- En lösning som kan skalas upp till andra delar av staden
- En lösning som har komponenter som är möjliga att byta ut för att kunna följa teknikutvecklingen

Digitalisering och vägen mot den smarta staden ställer krav på att arbeta tillsammans för att gemensamt lösa tekniska utmaningar, både internt och externt. Det ställer krav på projekt som drivs som samarbetsprojekt i form av engagemang och kommunikation men framförallt tid. Det tar tid att samarbeta, att involvera många parter och att förankra arbetet med de intressenter som finns knutna till projektet men det är också samarbete som kan leda till förändring. Projektet har drivits med resurser från stadsledningskontoret tillsammans med trafikkontoret, S:t Erik Kommunikation, Stokab, stadsdelsförvaltningen i Spånga-Tensta med förstärkning av kompetenser som lösningsarkitekter, it-arkitektur, ljusdesign och bygglösning. Genom ett brett deltagande av olika kompetenser har olika perspektiv kunnat belysas och även prövats i praktiken.

Projektet har bidragit till utveckling av den smarta staden genom sitt samarbete, arbetet med mallen för lösningsdesign, mappning mot målarkitektur för IoT, processen för att tillgängliggöra data och kartläggning av informationssäkerhetsarbetet. Rekommendationerna är tänkta att fungera som stöd för hur andra verksamheter kan driva ett IoT-projekt.

# Innehåll

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introduktion .....</b>	<b>5</b>
1.1 Projektbeskrivning.....	6
1.2 Rapportens syfte och upplägg .....	6
<b>2. Mot smart och uppkopplad belysning .....</b>	<b>8</b>
2.1 Nyttor och kostnader .....	9
2.2 Fortsatt arbete med belysningsanläggningen .....	14
2.3 Arbetssätt och verksamhetsprocesser.....	20
2.4 Realisering av teknisk lösning.....	24
2.5 Kommunikationsteknik för smart belysning .....	34
2.6 Informationssäkerhet .....	37
2.7 Framtidens smarta lyktstolpe .....	45
<b>3. Mot en smart och uppkopplad stad .....</b>	<b>51</b>
3.1 Samarbete.....	51
3.2 Innovation och utveckling.....	54
3.3 Upphandling och avtal .....	57
3.4 Öppna och delade data.....	58
3.5 Behov av en IoT-plattform.....	62
3.6 Datakommunikation i den smarta staden .....	64
3.7 Etik .....	65
<b>4. Källförteckning .....</b>	<b>68</b>
4.1 Notförteckning.....	68
4.2 Övriga projektrapporter .....	69
<b>5. Appendix.....</b>	<b>70</b>
Appendix 1: Begreppslista .....	70
Appendix 2: Kommunikationsteknologier .....	71
Appendix 3: Projektets arbetsprocess för informationssäkerhet.....	73

# 1. Introduktion

2017 antog kommunfullmäktige en *Strategi för Stockholm som smart och uppkopplad stad*. Strategin togs fram för att konkret kunna arbeta mot visionen om Stockholm som världens smartaste stad. Ett program startade 2018 för att driva fem innovativa projekt mot den visionen. Projektet Smart och uppkopplad belysning var ett av projekten och det har drivits från stadsledningskontoret tillsammans med trafikkontoret. Samarbetet med trafikkontoret har varit en förutsättning för att realisera en lösning som har direkt nytta för verksamheten och som skapar effekt ur de tre hållbarhetsperspektiven ekonomiskt, ekologiskt och socialt.

Projektet valdes ut för införande med utgångspunkt i de sex urvalskriterier som definierats i strategin; projektets *omfattning, genomförbarhet, effekt, kostnad, behov av intern samverkan* och *behov av extern samverkan*.

Smart och uppkopplad belysning grundades i verksamhetsbehovet att modernisera den belysningsanläggning som trafikkontoret ansvarar för.<sup>1</sup> Enligt målbilden för strategin ska projektet även vara innovativt och använda ny teknik där det behövs. Det innebär att inte använda ny teknik bara för att den finns utan för att den gör nytta.

Målet är att skapa bättre tjänster för stadens medborgare, besökare och företagare.

Utöver att målbilden för digitalisering och ny teknik ska uppfyllas behöver den lösning som tas fram vara genomförbar och följa ett antal strategiska principer. Projektet har undersökt hur staden kan bygga en uppkopplad anläggning som är hållbar över tid genom att upphandla delar av lösningen var för sig. En uppkopplad anläggning består av flera komponenter, smarta armaturer, sensorer, mjukvaror och datakommunikationstekniker som ska fungera tillsammans. För att kunna följa den tekniska utvecklingen och hålla god kvalitet kräver det att delar av lösningen kan bytas ut utan att vara låst till en enskild leverantör. Moderniseringen av anläggningen pågår över lång tid vilket gör att staden vill ha möjlighet att successivt byta ut



Figur 1. Bild av broschyren som sammanfattar Strategin för Stockholm som smart och uppkopplad stad.

---

<sup>1</sup> Ljusstyrning i Stockholms stad. Dnr: T2019-00175



Den huvudsakliga målgruppen för projektets resultat är trafikkontoret och stadsledningskontoret. För belysningsbranschen är det intressant att följa stadens arbete och bilda sig en uppfattning om hur trafikkontoret och stadens behov ser ut framöver.

Rapporten är uppdelad i två huvudkapitel, 2. *Mot smart och uppkopplad belysning*, och 3. *Mot en smart och uppkopplad stad*.

Kapitel 2. *Mot smart och uppkopplad belysning* har ett verksamhetsfokus. I kapitlet sammanfattas erfarenheter och lärdomar som projektet fått i arbetet med att uppgradera en del av belysningsanläggningen inför ett pilotinförande. Kapitlet innehåller såväl resonemang om kostnader och nyttor med smart och uppkopplad belysning som förslag på fortsatt arbete med att skala upp belysningslösningen.

Kapitel 3. *Mot en smart och uppkopplad stad* samlar erfarenheter och rekommendationer av intresse för staden och andra kommuner.

## 2. Mot smart och uppkopplad belysning

Projektet omfattade en uppgradering av en del av stadens belysningsanläggning genom ett pilotinförande av smart och uppkopplad belysning i stadsdelen Spånga-Tensta. Pilotinförandet syftade till att både identifiera och verifiera hur den smarta och uppkopplade anläggningen kan bidra till en kostnadseffektiv infrastruktur och att underlätta för framtida IoT-satsningar.

Innan pilotprojektet påbörjades analyserades ett större område utifrån vad som skulle kunna lämpa sig för pilotprojektet. Utgångspunkten var att hitta ett område med behov av förändring och med olika typer av miljöer. Stadsdelsförvaltningen Spånga-Tensta hade gjort en trygghetsundersökning som visade att vissa platser inom stadsdelen upplevdes som otrygga. I området finns också en rik variation av miljöer som är representativa för många områden i Stockholm. Den exakta geografiska avgränsningen och valet av vilka insatser som skulle göras bestämdes bland annat av tillgång på ekonomiska medel, tillgänglig teknik och produkter på marknaden, och på hur förutsättningarna såg ut i belysningsanläggningarna.

Platsen som valdes är belägen i Hjulsta och Tensta, och består av flera olika typer av miljöer:

- En gata där en längre sträcka är trafikseparerad, alltså enbart trafikerad av fordonstrafik. (Hagstråket)
- Gång- och cykelvägar – både som ligger intill bostadshus, men också genom park- och skogspartier.
- Två gång- och cykeltunnlar, tidstypiska för miljonprogramsområden. (Under Hjulstastråket och Hidinge Backe).
- En torgyta, som ligger i Tensta centrum men som ändå kan uppfattas lite som en baksida. (Taxingeplan).

För att genomföra en uppgradering av belysningen i området har projektet genomfört ombyggnationer så att pilotområdet har konstant matning av el, det vill säga, elen är alltid påslagen ifrån belysningscentralerna. Armaturerna har bytts ut till LED-ljuskälla som ska närvarostyras på gatan, gång- och cykelvägarna, samt vara uppkopplade för enklare övervakning av drift- och underhållsstatus. Målet är att få en mer driftsäker anläggning som drar mindre el och som minskar ljusföroreningar utan att tryggheten blir sämre.

Trygghetsförbättrande åtgärder har gjorts i form av bland annat förtätning av stolparna längs en gång- och cykelväg vid ett skogsparti. I gångtunnlarna har armaturer bytts ut och de är nu fler armaturer som även är mindre bländande.

På torget har belysningen kompletteras med en ljusslinga med ljuspunkter med LED-chip med rött, grönt, blått och orangefärgat ljus, som kan blandas till alla möjliga ljusfärger och har programmerats till olika ljusscener för att aktivera platsen och få en tryggare och trevligare atmosfär.

Mer om piloten finns att läsa i dokumentationen av piloten.<sup>2</sup>

## 2.1 Nyttor och kostnader

En smart och uppkopplad belysningsanläggning kan bidra till nyttor ur många olika perspektiv, vilket projektet utforskat på olika sätt. Projektet har också samlat erfarenheter vad gäller kostnader för den uppkopplade belysningsanläggningen.

De identifierade nyttorna kan kopplas till de övergripande förmågorna som uppkopplingen medför, nämligen att kunna styra anläggningen på ett mer sofistikerat sätt än tidigare samt att kunna samla in information från anläggningen, vilket inte går att göra utan uppkoppling.

### Nyttor som möjliggörs med styrning

Beroende på hur avancerade funktioner för styrning som finns i en belysningsanläggning kommer den att kunna styras mer eller mindre sofistikerat och precist.

I de delar av anläggningen som inte är uppkopplade till ett avancerat systemstöd för belysningsstyrning kontrolleras anläggningens armaturer i stora grupper, vilket innebär att exempelvis hela Västerort lyssnar på samma signal för när strömmen ska slås av och på, även om det är möjligt att styra varje belysningscentral även med dagens lösning. När varje armatur kan styras individuellt öppnas möjligheten att skraddarsy scheman för olika armaturer på en så detaljerad nivå som man kan önska. Detta innebär att man kan göra en mer finfördelad uppdelning av vilka områden eller vissa delar av ett visst område som ska tändas eller släckas, ända ner till nivån att styra varje enskild armatur.

---

<sup>2</sup> Pilotprojekt Tensta: Typmiljöer, material och utvärdering. Dnr: KS 2018/000119

Förutom att styra genom att släcka en armatur helt kan man även sänka ljusintensiteten under exempelvis någon eller några timmar mitt i natten. Varje armatur kan i teorin ha sitt eget schema, även om man troligen väljer att ha några olika scheman som används på flera ställen, beroende på platsens behov.

Detta sätt att styra anläggningen medför att man kan sänka kostnaderna för energiförbrukning. Dessutom kan det också vara aktuellt att sänka ljusnivån av ekologiska skäl, antingen genom att reglera ljusnivån eller att släcka en eller ett par armaturer helt vid identifierade boplatser för att skydda känsliga nattaktiva djur.

Medborgare kan också vara intresserade av att få tillgång till områden där ljusintensiteten från armaturerna är lägre för att exempelvis bättre kunna studera natthimlens stjärnor, eller vilja få en viss armatur som lyser utanför ett sovrumsfönster ljusreglerad natttid.

### **Användning av insamlad information**

Förutom förmågan att kunna styra på ett mer avancerat sätt har en uppkopplad belysningsanläggning även förmågan att kunna samla in information från anläggningens olika delar.

I de fall då enskilda armaturer kopplas upp kommer också detaljer på armaturnivå att kunna samlas in från varje uppkopplad enhet. Denna information omfattar följande typer av information:

- Enhetsinformation som typ av enhet och geografisk position
- Driftsinformation som energiförbrukning och tänd- och släcktidpunkter
- Information om fel och andra typer av avvikelser

Informationen om vilka fel som inträffat kan användas av driftsentreprenörerna för att se exakt vilken armatur som behöver åtgärdas. Idag saknar inkomna felanmälningar ofta korrekt information om geografisk position för den trasiga utrustningen, vilket leder till att entreprenörerna inte hittar rätt, så kallade bomkörningar. Idag kan entreprenören även behöva åka ut i fält flera gånger för samma felärende när information om vilken typ av utrustning som ska lagas eller bytas inte finns tillgänglig utan att man först behöver åka ut och kontrollera detta på plats. Genom att istället kunna använda den enhetsinformationen som samlats in från armaturen som underlag när arbetet planeras och förbereds skulle rätt materiel och utrustning tas med direkt vid första besöket på platsen.

En annan utmaning i dagsläget är att staden förlitar sig på felanmälningar från allmänheten, vilket innebär att en stor mängd felanmälningar inkommer när höstmörkret faller och trasiga armaturer uppmärksammas. Detta gör att trafikkontorets och entreprenörens arbetsbelastning blir onödigt ojämn. Med automatiska felanmälningar skulle åtgärder kunna genomföras löpande, redan innan de uppmärksammas av förbipasserande.

Valda delar av den insamlade informationen från belysningsanläggningen kommer också att på sikt kunna göras tillgänglig för andra organisationer i form av öppna data via någon av stadens dataportaler. Det skapar möjligheter för andra aktörer utanför stadens organisation att kunna ta fram nya innovativa lösningar som kan vara till nytta för medborgare och besökare.

### **Optimering av transporter**

Projektet har två effektmål med koppling till transporter som utförs av de driftsentreprenörer som ansvarar för underhållet av belysningsanläggningen:

- Ett effektivare underhåll av belysningsanläggningen ger minskat antal transporter
- Kostnadseffektivare underhåll med realtidsdata

Det första av dessa mål pekar direkt på minskade transporter, och det andra målet om kostnadseffektivt underhåll avser bland annat transporter i samband med underhållsarbete.

I nuvarande avtal med de entreprenörer som ansvarar för drift och underhåll specificeras inte transporter. Omfattningen av antal körda mil, andelen så kallade bomkörningar och andelen manuella felanmälningar med bristfällig information följs inte upp på ett transparent sätt. Samtidigt efterfrågas inte heller någon sådan information av trafikkontoret i dagsläget. Bristen på data gör att förutsättningarna i nuläget saknas för att kunna mäta en förändring i samband med införandet av smart och uppkopplad belysning.

### **Beräkning av energiförbrukning**

Projektet har undersökt vilka uppgifter som kan användas för att beräkna energiförbrukning och identifierat följande:

- Typ av lampa och effekt (baserat på teoretisk eller momentan effekt i nära realtid)
- Brinntid (baserat på historiska data)

Datainsamling och rapportering kan göras med olika intervall. För datainsamling kan det vara aktuellt med tätare intervall, exempelvis per timme. När det gäller rapportering kan en det räcka med en lägre frekvens som exempelvis uppgifter per dag, vecka eller månad.

### **Förutsättningar för att nyttorna ska kunna realiseras**

För att kunna se en effekt på kostnadsbesparingar gällande drift och underhållsarbetet behöver en större del av anläggningen vara uppgraderad till en smart och uppkopplad nivå. Då pilotområdet endast utgör en liten del av anläggningen kommer den ansvariga entreprenören fortfarande behöva agera som tidigare vad gäller planering av arbetet och körningar för området som helhet.

I nuläget kan entreprenörer som saknar användarkonton och dator tillhandahållna av staden inte komma åt systemstödet för belysningsstyrning (SL.V). En lösning för externa användare behöver tas fram för att åtgärda denna situation.

För att kunna realisera nya innovativa lösningar skapade av andra aktörer krävs att informationen från belysningsanläggningen görs tillgänglig som öppna data via lämplig plattform.

### **Kostnader**

En av de viktigaste lärdomarna i projektet rör kostnadsbilden för drift av en smart och uppkopplad belysningsanläggning. Att koppla upp enskilda armaturer jämfört med bara elskåpen riskerar att driva kostnader, men det är oklart hur mycket. Dessutom införs nya IT-komponenter som en del av lösning, framför allt TALQ-gateways, som också kan driva kostnader.

Andra kostnader som identifierats under projektets arbete är licenskostnader för styrsystem, VPN-anslutningar och kommunikationsanslutningar till stadens nätverk, kostnader för SIM-kort och administrationsportal för SIM-korten.

Utslaget per enhet innebär detta en kostnad per uppkopplad enhet på ca 3000 kr per år. Det kan låta högt men drivs av att ganska få enheter får bära hela overheadkostnaden. Det innebär alltså att om fler enheter kopplas upp minskar overheadkostnaden per enhet.

Som jämförelse kan dock konstateras att kostnaden för en proprietär lösning som används i andra delar av staden har en väsentligt lägre styckkostnad.

De största kostnaderna för lösningen är de fasta overheadkostnaderna, vilket gör kostnaden per enhet orimligt hög. I

de fasta kostnaderna ingår licenskostnad för SL.V, VPN-anslutningar, privat APN hos Telia samt en Service Portal hos Telia för SIM-korthantering. Dessa kostnader är fasta och beror inte på antalet anslutna enheter.

De rörliga kostnaderna i piloten är licenskostnad för TALQ-gateway och SIM-korten. Dessa har en kostnad per uppkopplad enheter.

För att kunna sätta kostnaderna i relation till lösningens omfattning och jämföra med andra lösningar har kostnaderna brutits upp i mindre beståndsdelar nedan.

Kostnader för piloten (årskostnad per ljuspunkt)

- Med all overhead 3049 kr/år
- Utan systemstöd 1110 kr/år
- Bara rörliga kostnader 268 kr/år
- Bara SIM-kort 217 kr/år
- Gateway 51 kr/år
- Fasta kostnader/Overhead 2781 kr/år

## Rekommendation

Projektet rekommenderar att en modell för att kvantifiera och följa upp nyttor kopplat till ljusreglering tas fram, där såväl ekonomiska, ekologiska som sociala aspekter lyfts fram.

Projektet rekommenderar även att en modell för att kvantifiera och följa upp nyttor avseende tillgängliggörande av belysningsinformation i form av öppna data tas fram.

Trafikkontoret rekommenderas att lyfta fram målen om kostnadseffektivisering och ekologiska nyttor vid minskade transporter i samarbetet med entreprenörerna. Ett första steg är att göra entreprenörerna medvetna om målen och därefter utreda vidare hur man skulle kunna skapa incitament till en positiv förändring kopplat till transporter i samband med underhållsarbetet.

För att det ska vara möjligt att skala upp denna lösning till större områden än pilotområdet måste kostnaderna ses över. Fasta overheadkostnader på ca 500 tkr/år är inte orimligt om skalan är hela belysningsanläggningen, 150 000 enheter. Men med rörliga kostnader på 268 kr/enhet/år blir det inte ekonomiskt hållbart och rekommendationen är att kommande projekt ser över hur dessa kan sänkas.

Rekommendationen är att även räkna på underhållskostnaden för att ha SIM-kort i anläggningen, till exempel om dessa behöver bytas, och jämföra med konkurrerande tekniska lösningar.

## **2.2 Fortsatt arbete med belysningsanläggningen**

Det här avsnittet innehåller rekommendationer kring hur staden kan fortsätta arbetet med smart och uppkopplad belysning efter att pilotprojektet är slutfört. Dels kommer rekommendationer för vidareutveckling av befintliga lösningar att lämnas, dels kommer rekommendationer lämnas kring hur smart belysning kan skalas upp i staden.

### **Närvarostyrd belysning på gång- och cykelväg**

Närvarostyrd belysning har sedan 2012 testats i olika projekt inom Stockholms stad. 2015 genomfördes ett examensarbete vid KTH kring användningen av närvarostyrd belysning och dess effekter på trafikanterna. Där testades olika inställningar för hur lågt ljuset reglerades ner när ingen är närvarande, hur snabbt regleringen upp och ned tog samt hur länge ljuset stannade på den högre nivån.

Förutsatt att närvarostyrd belysning används på ett effektivt sätt har tekniken potential att spara en stor mängd energi och bidra till flera positiva effekter. Energibesparingen utifrån närvarostyrning går att realisera i princip omgående, men besparingen måste sättas i relation till kostnaderna som uppstår i form av inköp, drift och underhåll. Det är därför viktigt att veta för vilka situationer de positiva effekterna av närvarostyrning väger upp för kostnaderna som tekniken medför.

Tidigare projekt har visat på en energibesparing på mellan 30 och 50 procent jämfört med motsvarande anläggning utan närvarostyrning. Då har belysningen legat på 40 procent av max när ingen person är närvarande för att sedan reglera upp ljuset långsamt till 100 procent. Där har ljuset stannat i 60 sekunder sedan senaste detekteringen.

Analysen som har genomförts av projektet har utgått från de ekologiska och ekonomiska effektmålen för att sätta investeringskostnaden för närvarostyrd belysning i relation till möjliga nyttor. Anledningen till att de sociala effektmålen inte har inkluderats beror på att de är svåra att kvantifiera i nuläget.

Närvarostyrd belysning har som tidigare nämnts potentialen att effektivisera belysningsanläggningar och därmed minska

energianvändningen. Mängden energi som sparas beror på hur anläggningen konfigureras samt hur många trafikanter som passerar på sträckan där tekniken är installerad. Ju fler som passerar en sträcka per dygn, desto längre tid kommer anläggningen att lysa på 100 procent, vilket i sin tur betyder lägre besparingar. En rimlig slutsats är därför att de största besparingarna uppnås på de vägar som har lägst användning.

Innan en investering görs i närvarostyrd belysning är det flera faktorer som behöver utredas vid sidan av en möjlig energibesparing. En sådan faktor är hur många år det tar innan investeringen har återbetalat sig. I den aktuella anläggningen som har används i projektet skulle det ta över 30 år med antagandet att den möjliga energibesparingen är 50 procent över utrustningens livslängd på 20 år. Återbetalningstiden påverkas främst av den genomsnittliga investeringskostnaden per enhet, möjlig energibesparing över tid och elpriset. Ett annat sätt att uttrycka det är att det krävs en investering på cirka 40 kronor för att reducera ett kilo CO<sub>2</sub>.

## Rekommendation

Rekommendationen framåt grundas i att energikostnaderna redan är relativt låga och att den största nyttan sannolikt inte ligger i lägre energikostnader. För att kunna motivera framtida investeringar ur ett ekonomiskt perspektiv kan det därför vara mer effektivt att undersöka hur inköps-, drift- och underhållskostnaderna för närvarostyrningen kan minimeras för att på så sätt korta ner återbetalningstiden.

För att kunna komplettera de ekonomiska effektmålen med de ekologiska och sociala målen krävs ett fortsatt arbete med att sätta dessa mål i relation till de kostnader som närvarostyrningen medför. Förslagsvis innefattar arbetet framåt att utveckla ekologiska och sociala nyckeltal som kan användas för att utvärdera olika scenarier där närvarostyrning kan vara aktuellt. En viktig del i arbetet är också att kunna simulera scenarier utifrån flödet av förbipasserande och hur detta påverkar närvarostyrningen.

För att hanteringen av närvarostyrd belysning ska bli hållbar över tid i takt med att lösningen skalas upp krävs att följande krav ställs på lösningar som köps in.

1. Lösningar ska anslutas till systemstödet för belysningsstyrning så att konfigurering av ljusnivåer, tidsintervall och antal stolpar sker via systemstödet.

2. Anslutning till systemstöd ska ske genom en TALQ2 Gateway, stadens IoT-plattform alternativt leverantörens öppna API.
3. Sensorer ska monteras i Zhagасockel på armaturens undersida och kommunicera med armaturen enligt Zhaga-D4i-standarden.

I projektet har de flesta armaturer utrustats med en närvarosensor, förutom kommunikationsenheten. Närvarosensorn har möjlighet att kommunicera med Comlight Web Service, men inte med det övergripande systemstödet.

Att använda både en kommunikationsnod och närvarosensor samtidigt innebär en extra kostnad, vilket gör att det inte alltid kommer att vara möjligt att göra på det här sättet.

Projektet rekommenderar därför en prioritering enligt nedan:

1. Det viktigaste är att det finns en funktion för att kommunicera med armaturen, det vill säga, tända, släcka och hämta driftsinformation.
2. I andra hand ska det finnas möjlighet att styra belysningen baserat på sensordata, exempelvis när någon passerar.

### **Kravställning på produkter för smart belysning**

För att kunna bygga en smart belysningsanläggning över tid så är det viktigt att lösningar byggs modulärt och baseras på öppna standarder. Standarder för kommunikation till systemstödet behandlas i avsnitt 2.4 Realisering av teknisk lösning, och i avsnittet 2.5 Kommunikationsteknik för smart belysning. Detta avsnitt handlar om krav på komponenter i edgen, det vill säga, armaturer, sensorer och belysningscentraler.

### **Belysningsarmaturer**

För att framtidssäkra armaturer och möjliggöra ett flexibelt införande av styrsystem och montage av sensorer bör följande krav ställas vid inköp.

- Alla armaturer för montage på stolpe, arm eller linspänn ska ha minst en sockel enligt standarden Zhaga book 18, med undantag för spotlights.
- Armaturerna ska ha drivdon som följer senaste versionen av D4i-standarden alternativt vara certifierade enligt Philip SR-certifiering version 2.
- Den kombinerade standarden för Zhaga-D4i säkerställer båda delarna ovan.

- Leverantören ska aktivera och fylla i DALI Part 251, 252 samt 253 på drivdonet.
- Drivdonet ska vara konfigurerat att lyssna på noden som placeras i Zhagасockeln.
- Om armaturen har dubbla Zhagасocklar ska de vara kopplade på en DALI-buss enligt D4i.
- Zhagасocklar har en riktning och ska monteras enligt Zhaga book 18.

### Belysningscentraler

För styrning av belysningscentraler så har projektet tagit fram en lösning som bygger på 4G-nätet. För att skåp och kommunikationsutrustning ska vara kompatibla med varandra över tid så har följande standard/krav definierats för de fysiska gränssnitten i edge.

För att trafikkontorets skåp ska vara förberedda på ny teknisk utrustning även i framtiden bör de utrustas med följande komponenter.

- Centraler behöver en strömkälla till routern på 24V, minst 1,5A.
- Sensorer använder digital ingång i kommunikationsenheten.
- Sensorerna ska vara av potentialfri typ och kopplas i en sluten krets till kommunikationsenhetens digitala ingång.
- Signalspänningen ska tas ifrån kommunikationsenhetens digitala ingångar.
- Eventuella energimätare i skåpen ska kommunicera över Modbus RTU.
- Kontaktorn ska gå att styra med en 24V signal, antingen direkt eller via relä.

För att utrustningen ska vara kompatibel med trafikkontorets belysningscentraler så gäller följande krav.

- Montage på 35mm DIN-skena utan kapsling.
- Kontaktorn behöver en spölsänning om 230V. Kan uppnås med ett extra relä.
- Utrustningen måste få plats i skåpet.

Övergripande krav på ett styrsystem för BC-styrning:

- Lösningen bör ha stöd för TALQ2-standarden.
- Lösningen bör vara förberedd för att läsa energimätningar via Modbus RTU.
- Lösningen bör ha minst 4 digitala ingångar för att läsa larm.

## Konstantmatad anläggning

Inom pilotområdet i Tensta så är anläggningen konstantmatad, det vill säga, att strömmen är påslagen dygnet runt. Tester genomförs för att se hur det påverkar entreprenörerna som arbetar i anläggningen samt för att kontrollera elsäkerhet.

En nackdel med konstantmatning är att det är ström till belysningsstolparna under dagen då det är flest människor ute. Om en stolpe blir påkörd så riskerar den att bli strömförande. I normalfallet ska en säkring lösa ut om det händer men med strömmen påslagen är risken alltid högre än om den vore avslagen.

Det finns däremot flera anledningar till varför konstantmatning är något att sträva efter. Sett ur ett smart stad-perspektiv så är det fördelaktigt om det finns ström i stolparna dygnet runt för att kunna montera upp sensorer som ska fungera även dagtid.

Det är även positivt ur belysningsperspektivet då armaturerna kan felanmäla automatiskt när fel uppstår även under dagtid. Samt att en spänningssatt kabel håller längre, vilket minskar trafikkontorets kostnader för att underhålla elnätet.

## Rekommendation

Projektets rekommendation är att trafikkontoret bör sträva mot att få en konstantmatad anläggning och att en utredning bör ske kring hur övergången till en sådan kan ske samt räkna på nyttorna.

## Uppskalning av smart belysning i Stockholm

Följande avsnitt tar upp några viktiga aktiviteter som projektet rekommenderar innan smart belysning kan skalas upp till hela staden.

### Fler typmiljöer och armaturtyper

Projektet har testat att koppla upp armaturer på gång- och cykelväg (GC-väg), GC-tunnel samt bilväg. Bil- och GC-väg är det enklaste scenariot med tanke på utvecklingen av Zhaga-socklarna och tillhörande standarder. Projektet ser inga problem med att skala upp användandet av dessa. Det viktiga framåt är att kraven ovan följs kring belysningsarmaturerna.

För att hela anläggningen ska bli smart så krävs ytterligare utvecklingsarbete. Ingen utredning har skett för hur följande armaturtyper ska kopplas upp:

- Spotlights

- Infällda armaturer
- Bänk- och räckesbelysning
- Pollare

### Konsolidera befintliga lösningar

Projektet har haft löpande dialog med trafikkontoret och flera befintliga lösningar har identifierats som saknar tydlig styrning och kontroll.

Att avropa hårdvara som även omfattar mjukvara på befintliga ramavtal har inneburit ett mer omfattande arbete i form av informationsklassning, kravspecificering, säkerhetstester och dialog med leverantör(er) än i det fall projektet genomfört separat upphandling (stysystemet). I det senare fallet har projektet kunnat påverka förutsättningarna i ett mycket tidigare skede vilket sparat tid och pengar i senare delar av arbetet

Innan en uppskalning av smart belysning rekommenderar projektet att trafikkontorets system inventeras, konsolideras och förvaltningsetableras eller avvecklas. Följande system har identifierats som saknar strukturerad förvaltning:

- CityTouch
- Comlight
- Pharos
- Owlet

### Uppgradering av belysningscentralernas styrning

Det första steget för att skala upp till en smart belysningsstyrning är att uppgradera styrningen av belysningscentralerna (BC). Ett byte av styrningen av BC gör det möjligt att läsa av driftstatus på säkringar i befintliga skåp av nyare modell, vilket vore ett första steg mot automatisk felanmälan och effektivare drift.

Att börja med BC-styrningen innebär en lägre investering och tröskel då centralerna är betydligt färre än armaturerna.

### Sensorer

Sensorer för belysningsstyrning bör övervakas och konfigureras i systemstödet. Projektet har identifierat tre sätt som sensorerna kan kommunicera med systemstödet på.

- Genom en TALQ2-Gateway.
- Genom ett eget systemstöd som integrerar med belysningssystemet genom APIer.
- Genom stadens centrala IoT-plattform.

För att kunna skala upp användningen av sensorer i belysningsanläggningen måste dessa alternativ utredas vidare för att hitta en modell som är hållbar.

#### Kostnader

Innan smart och uppkopplad belysning är redo att skalas upp i staden på ett hållbart sätt måste affärsmodellen och kostnaderna ses över. Mer om kostnader i avsnitt 2.1 Nyttor och kostnader.

### 2.3 Arbetsätt och verksamhetsprocesser

De nya komponenter som införs i den uppkopplade belysningsanläggningen omfattar LED-armaturer, kommunikationsnoder, sensorer och systemstöd. De medför att arbetsätt och verksamhetsprocesser kommer att behöva förändras både för trafikkontorets personal och för de konsulter och entreprenörer som arbetar med belysningsanläggningen.

För att fullt ut kunna dra nytta av den information som anläggningen genererar krävs förändringar i upplägg, planering och genomförande av drifts- och underhållsarbetet.

Ny teknisk utrustning innebär nya arbetsmoment, både vid installation och vid drift och underhåll. Trafikkontoret och de entreprenörer som anlitas kommer även förväntas kunna agera på den information som anläggningen kommer att samla in, exempelvis aktuell och förändrad energiförbrukning samt information om fel som inträffat eller kan förväntas inträffa.

Nyinstallation eller större förändringar av den befintliga anläggningen genomförs idag i projektform. Efter driftsättning övergår ansvaret för anläggningen till den driftsentreprenör som har avtalet för drift och underhåll i det aktuella området. En nulägesanalys har genomförts av projektet där detta beskrivs mer i detalj.<sup>3</sup>

Förutom att den insamlade informationen kommer att kunna ligga till grund för en effektivisering av underhållsarbetet förväntas informationen även på sikt kunna användas för att optimera ljussättning genom analys av insamlad information. Denna analys kommer även att kunna vidareutvecklas genom att i framtiden kombinera information från belysningsanläggningen med annan information från externa källor, som exempelvis väderdata eller luftkvalitetsmätningar. Detta förutsätter att informationen från

---

<sup>3</sup> Nulägesbeskrivning arbetsätt och processer. Dnr: KS 2018/000119

belysningsanläggningen kan delas vidare till andra plattformar inom staden som möjliggör olika kombinationer av information från andra källor och analyser av dessa.

Fokus för projektet har varit att identifiera och beskriva de operativa processer som förändras i och med införandet av Smart och uppkopplad belysning, men även att ge underlag till strukturer för fortsatt utvecklingsarbete.

### **Påverkan på arbetsprocesser**

När belysningsanläggningen ska utökas eller när en större förändring ska genomföras sker arbetet idag i projektform.

En konsult anlitas för att ta fram lämpliga armaturer som passar för den ljusmiljö som önskas på den aktuella platsen. Den uppkopplade anläggningen gör det möjligt att anpassa ljuset i större utsträckning genom att sätta olika ljusnivåer och kalenderscheman per plats. Detta innebär ett utökat uppdrag för den anlitade konsulten att även skapa nya scheman eller välja bland befintliga scheman.

Vilka olika typer av scheman, tider och ljusnivåer som lämpligen rekommenderas för olika miljöer och situationer och därmed är aktuella att välja bland bör diskuteras löpande. Vid behov kan nya scheman skapas, men rekommendationen är ändå att hålla nere antalet varianter för att få en hanterbar mängd alternativ.

Scheman kan bytas eller ändras om förhållandena på platsen ändras. Analyser av insamlad information från platsen kan också användas för att besluta om det är lämpligt att installera närvarostyrning på en viss plats, eller om andra större förändringar av belysningsanläggningen ska göras.

I det systemstöd för belysningsstyrning som upphandlats inom projektet struktureras belysningsanläggningen i så kallade geozoner. Dessa sätts upp initialt och fylls på allt eftersom anläggningen successivt uppgraderas till att bli smart och uppkopplad. I geozonerna placeras belysningsanläggningens olika enheter ut, armaturer, kommunikationsnoder, sensorer och belysningscentraler. Olika rapporter och larm kan konfigureras, både för att visas inne i systemstödet men även för att skickas till definierade mottagare. Till att börja med kommer larm och rapporter skickas till ett fåtal personer på belysningsenheten, men det går att automatisera detta och göra informationen tillgänglig för de driftsentreprenörer som arbetar på uppdrag av trafikkontorets belysningsenhet.

Hur enheter namnges behöver ses över, lämpligen av trafikkontorets belysningsingenjörer, för att få en lämplig logisk struktur som håller

framåt. Mer om detta finns att läsa i avsnitt 2.4 Realisering av teknisk lösning.

När ny utrustning monterats behöver besiktning genomföras, lämpligen genom att komplettera de rutiner som finns sedan tidigare. Innan ett projekt avslutas och driftsentreprenören tar över behöver en samordnad provning genomföras för att säkerställa önskad funktion, att utrustningen kan styras samt information överförs från utrustningen till systemstödet för belysningsstyrning.

### **Påverkan på drift och underhåll**

När ansvaret för drift och underhåll av anläggningen lämnats över från projektorganisationen till driftsentreprenören ska de nya delarna av anläggningen finnas dokumenterade i såväl SL.V som i andra befintliga systemstöd som till exempel dpPower.

De uppkopplade enheterna ska själva rapportera in driftsinformation, effektuttag, status och händelser. Inledningsvis kommer informationen endast kunna ses i systemstödet för belysningsstyrning eller skickas via epost till valda mottagare, men möjligheter finns att maskinellt integrera systemstödet för belysningsstyrning med övriga systemstöd som används inom belysningsverksamheten.

När fel uppstår kan den insamlade informationen användas för att göra en bedömning av felet, vilken utrustning som är påverkad och vilka insatser som krävs för att åtgärda felet.

Anläggningen kommer att vara konstantmatad, vilket gör att det är extra viktigt att befintliga rutiner följs för att upprätthålla god elsäkerhet.

I samband med åtgärder kan det bli aktuellt att temporärt ersätta trasig utrustning med en tillfällig ersättningsutrustning som saknar kommunikationsförmåga. Om ersättningsutrustningen saknar Zhagasockel kommer den att lysa dygnet runt.

Genom att använda den information som samlas in från anläggningens enheter tillsammans med information från de ärendehanteringssystem som används, både trafikkontorets och driftsentreprenörens, kommer planeringen av drift- och underhållsarbetet på sikt att kunna optimeras.

### **Ytterligare påverkan på arbetssätt**

Utöver ovanstående har projektet Smart och uppkopplad belysning identifierat ett antal ytterligare frågeställningar relaterade till arbetsfördelning och arbetet med att skala upp lösningen.

## Ansvarsfördelning och tjänsteerbjudanden

Ansvarsfördelningen mellan involverade aktörer, kompetensbehov och påverkan på befintliga avtal behöver ses över inför kommande upphandlingar. Idag omfattar inte driftsentreprenörernas uppdrag de uppkopplade enheterna, inte heller ställs krav på att entreprenörerna ska ha kompetens inom datakommunikation. Dessa behov skulle kunna mötas framåt antingen med egen kompetens eller genom att underkonsulter anlitas.

Trafikkontoret bör på sikt även kunna erbjuda belysningstjänster åt andra organisationer inom staden. Här finns till exempel stadsförvaltningar som ansvarar för belysningen i lekparken och elljusspår, idrottsförvaltningen som ansvarar för belysningen på bland annat bollplaner och kulturförvaltningen som genomför event som Nobelveckan eller andra högtider som uppmärksammas med olika typer av ljusinstallationer.

Stadens bolag skulle också kunna nyttja trafikkontorets belysningsstyrning. SISABs skolgårdar är ett sådant exempel. Projektet gjorde ett arbete inom piloten som gällde Pilparken, ett torg som ligger vid en av SISABs lokaler, där ett sådant möjligt samarbete utforskades. Belysningstjänsterna skulle även kunna erbjudas till närliggande kommuner. Hur trafikkontoret vill gå vidare med detta beror på vilken strategi som väljs avseende denna typ av samutnyttjande av resurser och hur trafikkontoret ser på sin roll framåt.

## Att skala upp arbetet

För att underlätta arbetssätt är rekommendationen att först automatisera informationsutbytet mellan de olika systemstöd som används för att hantera belysningsanläggningen. Mer om detta finns att läsa i avsnitt 2.4 Realisering av teknisk lösning. Felhanteringen kan då genomföras med högre grad av automatisering, istället för att som i det initiala upplägget låta systemstödet för belysningsstyrning skicka mail med felrapporter till en anställd på trafikkontoret. Genom att istället etablera en maskinell integration mellan de olika system som används av personalen minskas det manuella arbetet och sårbarheten med nyckelpersoner som ska föra informationen vidare.

För att kunna göra analyser av kombinationer av data är det också intressant att integrera systemstödet med andra system på trafikkontoret eller staden. Mer om detta finns beskrivet i kommande avsnitt 2.4 Realisering av teknisk lösning.

## Rekommendation

Projektet rekommenderar att trafikkontorets belysningsenhet arbetar vidare med process- och verksamhetsutveckling med utgångspunkt i projektets leveranser. Lämpliga mål för uppföljning av de utvecklade arbetsätten behöver definieras och följas upp.

Ett pålitligt flöde av information från anläggningen behöver säkerställas, likaså behöver det klargöras exakt vilken information som går att få från olika enheter

Lämpliga larmnivåer behöver definieras, tillsammans med att identifiera vilken information i övrigt som är relevant att analysera för ett effektivare underhåll.

Vilka scheman, inklusive tider och ljusnivåer som rekommenderas för olika miljöer och situationer behöver undersökas över tid. Detta arbete sker lämpligen i samråd mellan anlitate konsulter och den belysningsingenjör som ansvarar för det aktuella området. För att hålla antalet scheman i systemstödet för belysningsstyrning på en hanterbar nivå bör samverkan också ske mellan stadens olika belysningsingenjörer.

Arbetet med att definiera lämplig struktur för de geozoner som krävs i systemstödet för belysningsstyrning behöver fortsätta, initial struktur är definierad för pilotområdet och behöver utvärderas och successivt byggas på när fler områden läggs in i systemet.

Intern tid för kontinuerligt lärande och fortsatt utveckling av den smarta belysningsanläggningen behöver avsättas, inklusive hur den information som genereras för analyser och insikter ska kunna nyttjas.

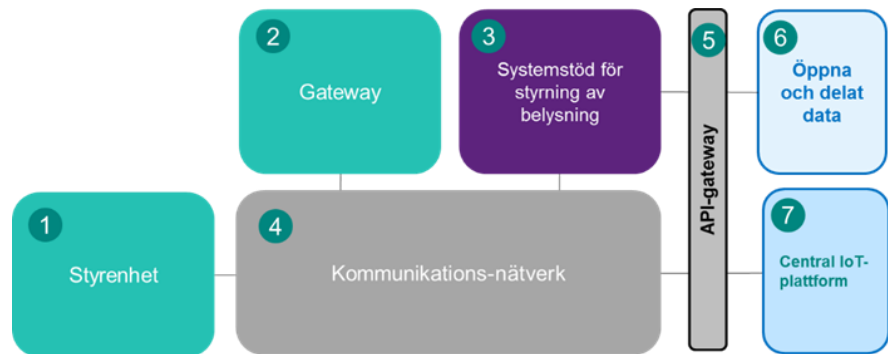
## 2.4 Realisering av teknisk lösning

Lösningen realiserades sent i projektet vilket gör att utvärdering och lärdomar inte har hunnit göras i full omfattning. Under projektets gång har dock många lärdomar gjorts i testmiljön och ett antal frågor som staden behöver besvara har utformats. Det finns även rekommendationer som projektet vill förmedla vid utveckling av piloten i större skala samt till kommande IoT-projekt.

## Enhetshantering

Information om ljuskällor, enheter, belysningscentraler kommer att registreras i systemstödet SL.V för att möjliggöra styrning och övervakning av belysning. Denna information kommer på sikt att behöva synkroniseras med trafikkontorets befintliga

anläggningsregister dpPower som används idag för belysningsanläggningen. Verksamhetsprocesser för enhetshandling stöts av såväl it- som OT-system (driftsystem, Operational Technology).



Figur 3. Övergripande lösningbeskrivning.

Bilden ovan visar en övergripande lösningbeskrivning och består av följande komponenter:

1. Styrenhet - för att styra och samla in information från enheter i edge
2. Gateway - förmåga att hantera flertalet styrenheter
3. Systemstöd för styrning av belysning
4. All kommunikation sker genom stadens nätverk
5. Integrationsplattform tillgängliggör data
6. Öppna och delade data
7. Central IoT-plattform möjliggör strömning av realtidsdata

Verksamhetsprocesser för enhetshandling kan behöva ses över när SL.V och den smarta och uppkopplade belysningen lanseras på bred front. Det behöver definieras vilket syfte och användningsområde som respektive systemstöd ska ha. När ska SL.V användas och hur förhåller sig system till trafikkontorets befintliga anläggningsregister dpPower som idag används för belysningsanläggningen?

Exempel på frågor som kommer att behöva utredas relaterade till enhetshandling är:

- Vilket system ska innehålla det kompletta enhetsregistret för belysningsanläggningens samtliga armaturer och enheter – det vill säga vilket system ska vara masterdatasystem för belysningsinformationen?
- Vilket system ska innehålla enhetsregister för samtliga enheter längs en viss väg med driftsinformation för att kunna följa upp effektförbrukning över tid eller efter en förändring?

- Hur och i vilket system söker man efter en viss enhet i hela belysningsbeståndet?
- Hur identifieras driftstörningar som inte åtgärdas i tid?
- Hur sker analys av avbrottsfrekvens i ett visst geografiskt område eller en viss gata?
- Hur exporteras en lista från enhetsregistret för att exempelvis användas som diskussionsunderlag för belysningsingenjörer?

### **Rekommendation**

Projektet rekommenderar att kommande IoT-projekt säkerställer att systemarkitekturen inkluderar såväl IT som OT (Operational Technology). Det är dessa system som tillsammans stöttar belysningsprocesserna och behöver därför fungera tillsammans i en hel kedja. Förvaltningsorganisationen på trafikkontoret rekommenderas att genomföra en genomlysning över befintliga system och dessas syfte. Att kartlägga systemarkitekturen för alla system kommer tillföra nytta till verksamheten och kan utgöra en baseline för kommande projekt. En kartläggning kan även hjälpa till att klargöra vilka system som kan avvecklas och om något systemstöd saknas.

Det kommer att vara viktigt att processer för hantering av sensorer och edge-enheter kartläggs samt att det utreds vilka system som stöttar belysningsprocessen. Processer som är extra värda att se över är processer för incidenthantering, preventivt underhåll, planerade ombyggnader, vanligt förekommande arbetsmoment och beräkning av energiförbrukning.

### **Mjukvara medföljer vid avrop av enheter**

Projektets upphandling av det nya systemstödet för belysningsstyrning, SL.V, omfattade inte inköp av sensorer. När projektet behövde sensorer avropade trafikkontoret dessa från Elektroskandia enligt befintligt avtal. Med de avropade sensorerna medföljde mjukvara som hanterar enheterna.

Att avropa hårdvara som även omfattar mjukvara på befintliga ramavtal har inneburit ett mer omfattande arbete i form av informationsklassning, kravspecifisering, säkerhetstester och dialog med leverantör(er) än i det fall projektet genomfört separat upphandling (styrsystemet). I det senare fallet har projektet kunnat påverka förutsättningarna i ett mycket tidigare skede vilket sparar tid och pengar i senare delar av arbetet

En lärdom som projektet har gjort är att avropa flexibla lösningar också kan innebära en utmaning.

### Rekommendation

- Inför kommande projekt kommer det att vara viktigt att överväga om även IoT-enheter bör ingå i upphandlingen. Det är enkelt och smidigt att avropa enheter mot befintligt avtal men det innebär också att staden kan ha svårt att ställa krav mot mjukvaruleverantören vars programvara enheterna använder.
- Projektet rekommenderar även att befintliga rutiner för inköp av exempelvis sensorer och enheter där mjukvara ingår ses över alternativt att rutiner för kravställning innan avrop tas fram. En viktig faktor att ta hänsyn till är hantering av licenskostnader för avropade enheter med medföljande mjukvara.
- I de fall staden väljer att avropa IoT-enheter från befintligt avtal med medföljande programvara vilken inte är under stadens kontroll kommer informationsklassning att vara extra viktigt. Klassningens resultat avgör vilka säkerhetskrav som riktas mot IoT-lösningen gällande bland annat datakommunikation. Det är inte säkert att en avropad IoT-enhets mjukvara kan leva upp till säkerhetskraven vilket kan ge kommande projekt begränsat handlingsutrymme.

### Användarhantering

Under projekttiden har informationsklassning och riskanalys för hela lösningen genomförts. Systemstödet för belysningsstyrning, SL.V, kommer att behandla personuppgifter i form av användaruppgifter vilka oavsiktligt kan riskera att hamna utanför Sverige och EU beroende på vilken driftlösning som används.

Informationsklassning enligt KLASSA har gjorts utifrån konfidentialitet, riktighet och tillgänglighet med olika klassningar för olika delar av lösningen där vissa delar har fått bedömningen ”utökad skyddsnivå” (K2). Lösningen innehåller personuppgifter men inte andra än de användaruppgifter för personal från trafikkontoret och för de leverantörer som ska arbeta med belysningsanläggningen.

När det gäller integrationen från belysningsystemet SL.V och vidare mot Flashnet TALQ Gateway har projektet föreslagit att systemkonton ska användas då Flashnet TALQ Gateway driftas i molntjänsten Amazon Web Services (AWS).

## Rekommendation

- Systemkonton är ett sätt att minska risker och minimera att personuppgifter används utanför systemstödet då dessa inte är kopplade till en person. Genom att använda tekniska systemkonton för kommunikation mot molntjänster behöver inga personuppgifter lämna Sverige och EU vilket borde påverka informationsklassning och riskanalys positivt i integrationen mot eventuella molntjänster. Användare i SL.V-systemet kommer fortsatt läggas upp som användarkonton och loggar in mot systemet via stadens IdPortal.
- Om rutiner för administration av systemkonton saknas på staden behöver dock rutiner för detta tas fram.

## Identifierare och namnstandard

När edge-enheter registreras i SL.V behöver de en unik identitet för att enheterna ska kunna identifieras och skiljas från varandra. Utöver den unika identiteten behövs det också ett användarvänligt namn som gör att trafikkontorets användare enkelt kan se på skärmen vilken enhet som avses. En namnstandard behöver tas fram inför kommande uppskalning av lösningen.

I pilotinförandet har projektet valt att använda enhetens egen medföljande identifierare - varje enhet har en MAC-adress som fungerar som unik identifierare. Som användarvänligt namn används montagenummer.

Att fastställa identifierare och namnstandard för enheter är en förutsättning för uppskalning i större skala. För pilotinförandet har projektet bedömt att det inte är nödvändigt.

## Rekommendation

När piloten ska skalas upp till andra delar av staden behöver trafikkontoret ta hänsyn till ett antal frågor avseende identifierare och namnstandard för enheter. Det är viktigt att utreda hur det ska gå till för att möta krav på säkerhet, datainsamling och för att ge enheterna ett användarvänligt namn. Områden att se över extra är:

- Säkerhet - Det kommer att vara viktigt att det finns en unik identifierare som gör att trafikkontoret tillåter vilka enheter som tillhör staden. Ett sätt att uppnå detta är att använda certifikat som på ett säkert sätt installeras på enheten. Att som i piloten fortsätta använda MAC-adresser för detta är troligen inte tillräckligt säkert då det finns tekniker för att simulera en viss MAC-adress med risk att det kan utnyttjas av en angripare.

- **Datainsamling** - När staden börjar samla in data vid en uppskalning av belysningslösningen kommer det att vara viktigt att hålla reda på vilken enhet informationen kom ifrån. Med fördel kan man kombinera enhetens unika identitet med identiteten för enhetens Flashnet TALQ Gateway. Kombinationen blir då unik. Eftersom datahantering inte genomförs av människor gör det inget om identitetskombinationen blir lång.
- **Användarvänligt namn** - Det kommer att behövas ett användarvänligt namn som ”syns på skärmen” och som hjälper användare att skilja mellan enheter på ett meningsfullt sätt. Att fastställa en namnstandard kan lätt riskera att bli lite rörigt beroende på att det finns olika infallsvinklar och behov för olika användargrupper. Det kan finnas olika erfarenheter och åsikter om namnstandard i stadens verksamhet. Det kan därför behövas säkerställa att namnstandarderna ska kunna möta olika behov.
- Ett förslag till namnstandard kan i detta fall vara att fortsatt koppla enhetsnamnet till det montagenamn som enheten sitter på. Det kan också vara bra att överväga om enhetsnamnet ska kopplas till en viss plats eller geozon då detta kan underlätta vid felsökning i exempelvis loggar som läses utanför SL.V.
- Det behöver även utredas vilket system som ska vara huvudkälla till enhetsnamnet samt vilka andra system enhetsnamnet ska användas i.

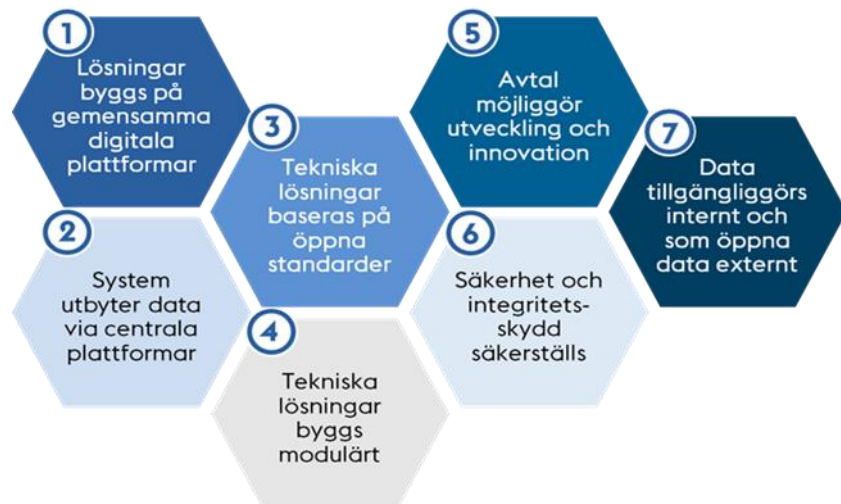
### **Industristandarder**

Projektet har följt strategin för Stockholm som smart och uppkopplad stad med de sju strategiska principer som styr hur nya tjänster ska utvecklas. Med hänsyn till de strategiska principerna ”SP2 - System utbyter data via gemensamma plattformar”, ”SP3 - Tekniska lösningar baseras på öppna standarder” och ”SP4 - Tekniska lösningar byggs modulärt” har projektet valt att upphandla ett system med stöd för den öppna industristandarden TALQ2. Detta för att undvika inlåsnings effekter mot en viss leverantör i en helhetslösning. Systemstödet möjliggör nu integration via öppna standarder både till och från enheterna via TALQ2.

Genom att använda TALQ2-standarderna för dataflödet har det varit möjligt att efterleva projektets arkitekturprinciper för systemstödet i lösningen

- Systemstödet ska vara oberoende av edge
- Systemstödet ska vara oberoende av hur kommunikation med edge sker

- Kommunikationen med edge ska kunna väljas utifrån de funktionella kraven på edge och förutsättningarna på platsen
- Systemstödet ska kunna integreras med befintlig it-arkitektur på trafikkontoret och stadens centrala plattformar för att utnyttja centrala förmågor



Figur 4. Strategiska principer.

Valet att välja en öppen industristandard som TALQ2 har gett en ökad komplexitet och tidskostnad speciellt eftersom branschen och standarden inte har varit helt etablerad. Det är dock naturligt att det initialt kostar mer att välja en oberoende standard. Att alla delar i lösningen kan kommunicera via TALQ2 innebär fortfarande utmaningar med att mappa informationen mellan systemen.

Alternativet att inte välja en industristandard och istället upphandla en helhetslösning från en leverantör kunde ha inneburit att pilotinstallationen i Tensta eventuellt hade blivit klar tidigare. Nackdelen med detta är dock att det med största sannolikhet skulle ha resulterat i en inlåsning mot en viss leverantör och gjort det svårare att ta piloten vidare och skala upp i full drift för belysningsbeståndet.

## Rekommendation

En förutsättning för projektet har varit att driftsätta en lösning i mindre skala, som piloten i Tensta för att sedan kunna skala upp i andra delar av staden. Detta skulle inte vara möjligt utan att följa en industristandard. Projektet rekommenderar därför att:

- Syftet med kommande projekt behöver besluta om industristandarder bör tillämpas eller inte. Om ett projekt

endast är en mindre pilot med syfte att avveckla den tekniska lösningen efter pilottiden är det inte lika viktigt att följa en industristandard.

- Om framtagning teknisk lösning ska kunna skalas upp och leva över tid är det nödvändigt att använda industristandard för att undvika inlåsnings effekter mot en viss leverantör eller teknisk plattform.
- Staden behöver fortsätta jobba med TALQ för att utvärdera om det är rätt val på sikt.

### **Möjlig utveckling av för staden anpassade webbapplikationer**

Både SL.V och Pharos har API:er vilka kan anropas för att utföra kommandon utan att behöva gå via applikationernas användargränssnitt. Detta kan utnyttjas för att utveckla anpassade applikationer och som kan nås från önskad enhet till exempel en mobiltelefon.

Vid vissa tillämpningar kan det vara opraktiskt att behöva använda en dator. För att underlätta arbetet skulle det vara praktiskt med en enklare applikation vilken kan guida användaren utan att behöva logga in mot SL.V-systemet.

När det gäller effektbelysningen kan man tänka sig ett antal scenarion där det vore bra att låta olika användargrupper kunna styra effektbelysningen utan att ha direkt tillgång till Pharos.

### **Rekommendation**

Webbapplikationer som projektet rekommenderar att staden utveckla är:

- En för trafikkontoret anpassad webbapplikation för belysningssystemet. För att kunna anpassa systemstödet efter stadens specifika behov rekommenderas att utreda förutsättningarna att bygga en tunn webbapplikation som är anpassad till trafikkontorets verksamhet och som anropar systemstödet API:er via belysnings-API utvecklat med hjälp av stadens API-Gateway.
- Även när det gäller effektbelysning skulle en enkel webbaserad applikation, med responsiv design för att ge god upplevelse även på mobiltelefon, kunna utvecklas för att kunna styra Pharos. En sådan applikation skulle inte behöva ha någon användarhantering initialt. Dock behöver hantering av användaruppgifter för prioriterade användare (konsthall, butiker) klargöras och ägare utses. Även denna applikation kan

använda ”belysnings-API:et”, vilket behöver utvecklas med hjälp av stadens API-gateway, det vill säga att applikationen inte ska kommunicera direkt med Pharos-API.

Effektbelysningen styrs primärt av trafikkontoret enligt ett basprogram med effektsener. Styrningen via API-anrop från webapplikationen kan göras tillgänglig vid vissa tider. API:et erbjuder då ett antal förutbestämda scener som användaren kan välja mellan. Effekten visas sedan under en förutbestämd tid. Användare av webapplikationen ska kunna se vilka tider som finns tillgängliga att styra belysningen och vilka effekter som finns att välja på. Användarna ska ha möjlighet att boka en effekt en viss förutbestämd tid.

### **Användandet av molntjänster**

Projektet har valt att upphandla och implementera systemstödet SL.V som en tjänsteleverans från leverantören (Itron). Det blev tydligt under upphandlingen att marknaden går mot tjänstebaserade leveranser, vilket även stämmer väl med trafikkontorets organisation och förmågor som inte medger drift i egen regi.

Itron har inga egna datahallar för drift utan nyttjar molntjänsten Microsoft Azure. Applikationen SL.V använder dock inga tjänster i Azure utan driftas endast på denna infrastruktur (Infrastructure As A Service).

För att möjliggöra åtkomst till applikationen från stadens nätverk har en nätverkskoppling mellan stadens och Itrons infrastruktur etablerats. Det är endast möjligt att komma åt SL.V applikationen via denna koppling från stadens nätverk. Applikationen är alltså inte tillgänglig via publikt internet.

Den lösning som nu tagits fram innebär att Flashnets gateway driftas i AWS, och kommunicerar med SL.V via stadens nätverk genom en VPN-tunnel. Denna uppsättning bedöms av S:t Erik Kommunikation som tekniskt komplicerad både att implementera och att drifta, men valdes ändå för att projektet skulle kunna hinna få en lösning på plats. TietoEVERY har fått i uppdrag att ta fram en förstudie hur molntjänsten ska kunna driftas on-premise inom stadens nätverk för att på så sätt slippa en av många VPN-tunnlar i lösningen.

### **Rekommendation**

Projektet har gjort ett antal grundläggande antaganden, baserade på tolkningar av tillgängliga styrdokument vilka har påverkat all diskussion om molntjänster. Om något av dessa antaganden ändras

får det konsekvenser för realiseringen av lösningen. Dessa antaganden är:

- Systemstödet för belysningsstyrning är ett verksamhetsstöd och ska därför endast vara tillgängligt från stadens nätverk
- Lösningen i edge är autonom det vill säga belysningen kan agera enligt senaste instruktion utan det centrala systemet för belysningsstyrning
- Kommunikation mellan edge och systemstödet ska hanteras av S:t Erik Kommunikation

Rekommendationen är att utreda om Flashnets gateway, som initialt driftas i AWS, kan flyttas till TietoEVRYS miljö för att minska lösningens komplexitet. En viktig parameter för ett sådant beslut är kostnaderna för detta vilket också behöver beaktas.

Generellt rekommenderar S:t Erik Kommunikation att staden bör betrakta molnlösningar som molnlösningar, för att inte göra lösningarna för komplexa. Detta motsägs dock till viss del i de antaganden som listas ovan, som baserar sig på tolkningar av de styrdokument som funnits tillgängliga. Ett klargörande av detta vore hjälpsamt för fortsatta utvecklingsprojekt inom området, förslagsvis av stadens pågående molntjänstutredning.

Projektet rekommenderar också att stadens molntjänstutredning även ser över hur användare ska komma åt molntjänster, så att det finns en lösning framåt på hur externa användare som exempelvis entreprenörer ska kunna komma åt verksamhetssystem som tillhandahålls i form av en molntjänst.

Effektbelysning (Pharos) och radarbaserade närvarosensorer (Comlight) är lösningar som inte är integrerade med systemstödet för belysningsstyrning, SL.V. För denna kategori har projektet beslutat att:

- Mobil kommunikation sker via SIM-kort som hanteras av trafikkontoret
  - Inget krav på att all kommunikation sker internt i stadens nätverk.

### **Möjliga integrationer mot övriga system**

Inom belysningsverksamheten används ett antal olika system som dpPower som fungerar som ett inventarieregister och Driftportalen som används för hantering av drift- och underhållsärenden. Projektet har gjort en översiktlig inventering av de befintliga systemen för att se hur det nya systemstödet för belysningsstyrning, SL.V, kan passa in i en större helhet.

## Rekommendation

Projektet rekommenderar att:

- Eftersom information om en ny tillkommen uppkopplad enhet per automatik registreras i SL.V skulle denna information även kunna skickas över till dpPower för att hålla detta register aktuellt utan manuell registrering av information. Detta är möjligt via en integration med SL.V's så kallade northbound API.
- När det gäller fel som fångas upp genom att enheter rapporterar in till SL.V kan även denna information per automatik skickas vidare till Driftportalen för att generera ett ärende som kan hanteras vidare enligt befintliga rutiner. Även denna integration är möjlig att göra genom att använda sig av SL.V's northbound API.

## 2.5 Kommunikationsteknik för smart belysning

Datakommunikation är en förutsättning för IoT. För att kunna strömma data måste det finnas effektiva och säkra tekniker för kommunikation.

Valet av datakommunikation för IoT-lösningar i den smarta staden måste passa enheternas användningsområde, platsens förutsättningar och vilken typ av kommunikation som kan ske med enheten. Lyktstolparnas placering över hela staden gör de till bra kandidater för uppkopplade enheter.

Projektet har arbetat med olika typmiljöer, en gång- och cykelväg, en lokalgata och ett torg. Typmiljöerna fångar upp behov och möjligheter från olika typer av platser. De olika tekniska lösningarna tillsammans med platsens fysiska och geografiska utformning har bildat ett underlag för vilken kommunikationsteknik som kan användas.

Utöver platsens förutsättningar fanns ett behov av en teknik som kan hantera små mängder data i form av meddelanden som skickas med ett relativt långsamt intervall på 15 minuter och att det finns konstantmatad ström till enheterna.

Ett annat behov var utbyte av realtidsinformation mellan armaturer. Detta för att belysningen längs med ett gångstråk i realtid ska kunna detektera, utbyta och agera på information från närvarosensorer.

Kommunikationsteknologierna nedan har undersökts för att utvärdera och välja rätt för de olika typmiljöerna. Kommunikations-teknologierna beskrivs mer ingående i Appendix 2:

Kommunikationsteknologier

- Fiberanslutning & TP nätverkskabel
- Wi-Fi
- LoRa & LoRaWAN
- Mesh (WiSun)
- Cellulär/Licenserad teknik (NB-IoT, LTE-M / LTE Cat M, 2G/4G)

Utöver tillgänglig teknik behöver även behovet kopplas till valet. Huvudfrågeställningar som avgör lämpligt val är:

- Vilken typ av data som ska skickas
- Hur stor datamängd
- Hur ofta dataströmmen ska skickas
- Hur strömförsörjningen fungerar (batteri/kontinuerlig strömförsörjning)

### **Valet av kommunikation till piloten**

Valet av uppkopplingsteknologi i piloten gjordes baserat på en kombination av flera faktorer. Kommunikationsalternativen utvärderades bland annat baserat på om dem:

- matchade behov som identifierats i pilotområdet
- fanns tillgängliga kommersiellt på ett sätt som kan implementeras i stadens befintliga it-arkitektur
- klarade av att möta kravställningar i anvisningar som producerats utanför piloten, exempelvis i det övergripande programmet för Smart och uppkopplad stad eller inom projekt Tekniska förutsättningar
- kunde etableras i typmiljöerna till rimliga kostnader

Då olika typmiljöer associerades med olika behovsbilder kring datakommunikation behövde projektet flera gånger återvända till analyser av kommunikationsalternativ. Vissa alternativ, exempelvis fiberanslutning och TP nätverkskabel, avskrevs aldrig som möjliga kommunikationsteknologier. Däremot blev det aldrig aktuellt att ansluta utrustning till fiber i piloten då kostnaden inte stod i relation till den mängd data som skulle strömma i lösningen.

Radiobaserad teknologi var mer intressant eftersom den kunde användas för flera typmiljöer. LoRaWAN och Meshbaserade teknologier avskrevs dock för att det inte fanns en tillgänglig öppen standard vid tid för valet och marknaden inte ansågs mogen. Det

resulterade i att cellulära uppkopplingsmetoder återstod som ett intressant alternativ.

Den Comlight närvarosensor som valdes ut inom projektet<sup>4</sup> har sin egen meshbaserade kommunikationslänk mellan sensorerna. Armaturens uppkopplingsmetod mot centrala system behöver därmed inte ta hänsyn till behovet av direktkommunikation mellan armaturer för att möjliggöra närvarostyrning.

Bland de cellulära teknikerna fokuserade projektet främst på NB-IoT, LTE-M och 4G, då samtliga dessa alternativ kunde tillhandahållas till samma kostnad per abonnemang inom befintligt telefoniavtal. Beroende på vilka behov kopplade till fördröjningar och bandbredd som skulle uppstå kunde projektet välja mellan de tre cellulära anslutningsmetoderna.

På rekommendation<sup>5</sup> fattade projektet ett inriktningsbeslut om att använda NB-IoT som huvudsaklig uppkopplingsmetod för armaturer. Valet av NB-IoT baserades även på att teknologin var intressant för staden att utvärdera - både från ett teknologiskt perspektiv men även ur ett inköps- och avtalsperspektiv.

Övriga cellulära uppkopplingsmetoder kvarstod som möjliga anslutningsalternativ inom piloten. 4G kom i ett senare skede att användas, då belysningscentraler skulle kopplas upp med en leverantörsspecifik lösning.

## Rekommendation

Vilka teknologier som finns tillgängliga eller är lämpliga att använda varierar över tid. Olika teknologier är anpassade för eller inriktade på att möta olika typer av behov, där behoven inte alltid är kompatibla med varandra.

När det är dags att välja kommunikationsalternativ rekommenderar projektet att:

- Göra en behovsanalys. Valet av kommunikationsteknik ska formas av lösningsbehoven och ett för tidigt val kan begränsa möjligheterna.
- Se över säkerhetskrav, exempelvis kopplat till kryptering och autentisering. Observera att sådana krav riktar sig mot helhetslösningen och inte alltid nödvändigtvis måste lösas specifikt på kommunikationslagret av lösningen.

---

<sup>4</sup> Lösningsbeskrivning och arkitektur för radarbaserad närvarosensor. Dnr: KS 2018/000123

<sup>5</sup> S:t Erik Rekommendation pilot smart belysning\_20190627.

- Ta fram tekniska och funktionella krav, kopplat till hur lösningsarkitekturen byggs upp och vilka behov som finns för kommunikation mellan olika lösningskomponenter.
- Titta på platsens förutsättningar och installationsplatsernas utformning. Platsen kan möjliggöra eller försvåra användning av olika typer av kommunikationstekniker. Det kan också redan finnas anslutningsmöjligheter av olika slag tillgängliga på platsen.
- Undersöka om någon befintlig och redan etablerad kommunikationsteknik matchar lösningens behov och som kan finnas tillgänglig i staden. I andra hand om någon av de andra teknologierna som löpande utvärderas kan lämpa sig.

Projektet rekommenderar också att följa utvecklingen framåt för att hitta en kostnadseffektiv lösning som kan skalas upp till resten av staden.

- För en fortsatt utbyggnad av individuellt uppkopplade lyktstolpar är mesh-teknik av fortsatt stort intresse. S:t Erik Kommunikation och stadsledningskontoret följer kontinuerligt utvecklingen och ser det som ett viktigt steg framåt för att kunna skala upp fler enheter och samtidigt hålla kostnaderna nere.
- För att kunna använda mobil kommunikation i edge-utrustning med långa installationsperioder är eSIM/eUICC i princip en förutsättning. Det bör övervägas inom stadens upphandling av mobil kommunikation. Möjligheter och eventuella hinder för att lägga in kravställningar kopplat till eSIM/eUICC behöver undersökas.
- Det är också viktigt att se över prissättning av NB-IoT och LTE-M i nya avtal med kommunikationsoperatörer. Projektet avropade den mobila lösningen med NB-IoT på befintligt avtal vilket resulterade i samma kostnad som för 4G-baserade M2M-abonnemang. Det ger en högre kostnad för varje enskild uppkopplad enhet vilket inte är rimligt för den mängd data som kommer att hanteras. Kostnaden är ett hinder för att skala upp NB-IoT-lösningen i en större omfattning. För projektet var NB-IoT det rekommenderade alternativet och det fungerar för piloten som har ca 160 uppkopplade enheter.

## 2.6 Informationssäkerhet

Programmet för Smart och uppkopplad stad bygger på ett antal strategiska principer. Princip nr. 6 lyder ”Säkerhets- och integritetsskydd säkerställs”. För att uppfylla principen har projektet haft en säkerhetssamordnare vars främsta uppgift varit att;

- säkerställa att projektet följer lagar och stadens interna styrande dokument
- stötta projektet och dess övriga resurser med säkerhetskompetens i det operativa arbetet

Säkerhetssamordnaren har fungerat som stadsledningskontorets respektive trafikkontorets informationssäkerhetsansvariges representant och som dataskyddsbudens samverkansresurs i projektet för att säkerställa att även personuppgifts- hanteringsaspekter hanteras. När behov identifierats, eller på direkt uppmaning, har projektets säkerhetssamordnare antingen samverkat med respektive förvaltnings motsvarande roll, alternativt involverat dessa direkt i projektets olika informationssäkerhetsrelaterade aktiviteter.

Projektet har haft en identifierad informationsägare på trafikkontoret. Informationsägaren har haft en verksamhetsresurs som representant i projektet med kunskap om verksamheten.

Ovanstående organisation och roller har säkerställt att projektets informationssäkerhetsarbete varit förankrat i verksamheten och dess behov.

Informationssäkerhetsarbetet har följt lagstiftningen och stadens styrande dokument varav de viktigaste är:

- Riktlinje för informationssäkerhet
- Ramverk vid anskaffning av molntjänster
- Stadsledningskontorets rutin för hantering av informationssäkerhetsincidenter
- Dataskyddsförordningen (GDPR) och personuppgiftsbehandling
- Handbok för informationsklassning
- SKR KLASSA 3.5
- Riktlinje för stadens IT-infrastruktur
- Mall protokoll informationsklassning
- RSA mall
- Program Smart och uppkopplad stad Målarkitektur för IoT och dataplattform

Utöver att följa dessa dokument har projektet använt följande ramverk, metoder och kunskap i samverkan:

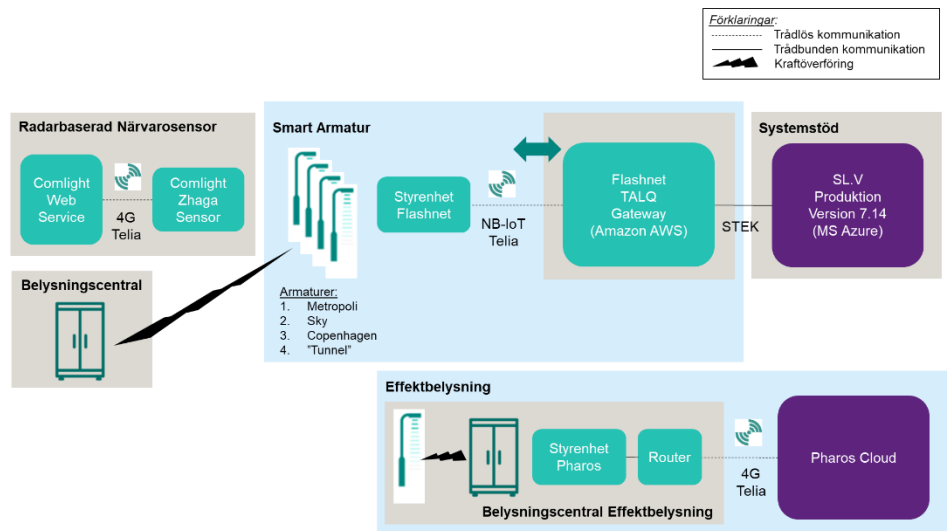
- NIST (främst i samband med utarbetning av krav)
- OWASP (för penetrationstester)
- ISO27000 (främst i samband med utarbetning av krav)
- Informationssäkerhetsrelaterade dokument från MSB (främst i samband med utarbetning av krav)

- Extern informationssäkerhetskompetens (informationssäkerhet, säkerhets- och penetrationstester och juridik avseende personuppgiftshantering)
- Kravspecifikationer från tidigare genomförda anskaffningar såväl inom som utom staden
- Erfarenhetsutbyte med informationssäkerhetsresurser i de övriga projekten inom programmet Smart och uppkopplad stad (bl.a. kring utformning av lösningsbeskrivningar som grund för informationsklassning och riskanalyser samt säkerhetsarkitektur för IoT)
- En mängd externa, öppna informationskällor för inhämtning av best practice, framförallt gällande smarta städer, IoT och informationssäkerhet (tillexempel kravställning på IoT)

### **Säkerhetsrelaterade aktiviteter och resultat**

Informationssäkerhet är inget självändamål. Det är ett arbete som behöver göras för att kunna utveckla, upphandla och använda en lösning som är riktig, tillgänglig, begränsad och spårbar i förhållande till värdet på den information som är tänkt att behandlas i lösningen.

I projektet har informationssäkerhetsarbetet relaterat till utformningen av lösningen och projektets övergripande arbetsprocess med hantering av informationen varit i fokus. Se Appendix 3: Projektets arbetsprocess för informationssäkerhet, för detaljerad beskrivning. Projektet har sett lösningen som uppbyggd av flera delar som var för sig hanterar en mängd information. Informationsklassning, riskanalys och säkerhetsarbete har gjorts för varje separat del. Bilden nedan beskriver delarna av lösningen och var information hanteras.



Figur 5. Belysningssystemet och dess delar sett ur ett informationssäkerhetsperspektiv.

## Rekommendation

Avsnittet beskriver erfarenheter gjorda i samband med informationssäkerhetsaktiviteter i projektet med rekommendationer för fortsatt arbete med utveckling av belysningsanläggningen efter att projektet avslutats och överlämnats till trafikkontoret för drift och förvaltning.

## Säkerhet tidigt i processen

Planeringen av säkerhetsrelaterade aktiviteter bör ske när det finns ett utkast till en aktivitetsplan för övriga aktiviteter (till exempel kopplat till anskaffning av en ny IoT-enhet). Säkerhetssamordnaren bör vara med i arbetet med att ta fram lösningsbeskrivningen. Lösningsbeskrivningen ligger till grund för informationsklassning och riskanalyser och ska beskriva vad det är för information som lösningen ska hantera.

Säkerställ att dataskyddsombud, informationssäkerhetsansvarig och it-förvaltningsansvarig får tydliga roller, främst i samband med informationsklassning och riskanalyser. Det är en fördel att it-förvaltningsansvarig är med i arbetet med säkerhets- och penetrationstester för att förstå lösningen och hur den sedan ska förvaltas ur ett säkerhetsperspektiv, men även för att vara delaktig i beslutsprocessen kring hantering av brister och risker.

Identifiera relevanta forum för utveckling av industristandarder och samverkan med andra smarta och uppkopplade (belysnings)projekt i Sverige och andra länder där om möjligt (utred nytta jämfört kostnad) förvaltningen kan vara med för att skaffa kunskap samt

påverka utvecklingen inom området i en riktning som gagnar förvaltningen och staden. Standardisering, i form av vilka protokoll som används, ger förutsättningar för säkrare lösningar samt ett effektivare säkerhetsarbete.

### Anskaffning av produkter och tjänster

Produkter och tjänster inom området IoT befinner sig tidigt i mognadskurvan och utvecklas mycket snabbt. Det ställer extra höga krav på att arbeta med en kravställning baserad på den senast tillgängliga kunskapen. Erfarenheten av kravställning på IoT är fortfarande begränsad. Projektet har tagit fram ett förslag på informationssäkerhetsrelaterade kravområden inom IoT som kan beaktas som komplement till de övriga verktyg staden har att tillgå för framtagning av kravspecifikationer. Förslaget har inarbetats i målarkitektur för IoT<sup>6</sup> som program Smart och uppkopplad stad levererar.

- Vid inköp av hårdvaror som inkluderar mjukvara måste en kravspecifikation tas fram som inkluderar informationssäkerhet. Det gäller både vid avrop på ramavtal och vid nya upphandlingar.
- Använd stöddokumentet målarkitektur för IoT och dataplattformar. I detta har inarbetats IoT-specifika säkerhetsprinciper som en av grunderna för utveckling och förvaltning av belysningsanläggningen.

### Säkerhets- och penetrationstester nya releaser

Projektet har genomfört säkerhetstester (verifiering av krav) samt penetrationstester (med extern part) av lösningen innan den sätts i produktion och lämnas till trafikkontoret för drift och förvaltning. Trafikkontoret kommer att behöva genomföra tester ur ett säkerhetsperspektiv avseende förändringar i kommande releaser av lösningens olika delar.

- Ta fram en metod för hur säkerhetsarbete ska ske i förvaltning. Förvaltningen har ett specifikt behov av detta, men det bör även vara av generellt värde för staden att det görs centralt som stöd till förvaltningarna.

---

<sup>6</sup> Målarkitektur för IoT och dataplattformar. Dnr: KS 2018/000123

## Revision

Oavsett hur inköp av produkter och tjänster går till så kan inte allt säkerställas i samband med anskaffningen. Dessutom sker ständigt förändringar. Trafikkontoret behöver planera och budgetera för revision av sina leverantörer till belysningsanläggningen avseende innehåll, genomförande och hur ofta de ska ske.

Det viktiga är att fokusera på verifiering av att leverantören ”lever som man lär”. För att revision skall vara möjligt är det viktigt att det finns kravställt i samband med anskaffningen och formerna för genomförandet är specificerade i avtal med leverantören.

## Övervakning och logghantering

Projektet har inte tagit fram några lösningar för övervakning av belysningsanläggningen ur ett säkerhetsperspektiv. Främst då det är väldigt ineffektivt ur ett kostnadsperspektiv att det görs för ett enskilt verksamhetsprojekt (tillexempel ett Security Operations Center (SOC) eller en SIEM-lösning (Security Information and Event Management). Dock är en utmaning att det inte verkar finnas förutsättningar centralt inom staden att leverera detta brett för olika verksamhetsprojekt som har det behovet. Trafikkontoret behöver säkerställa en övervakning av belysningsanläggningen ur säkerhetsperspektiv.

Samma sak gäller logghanteringen. Projektet har säkerställt att allt relevant i lösningen loggas och att dessa loggar kan tillgängliggöras för trafikkontoret. Trafikkontoret måste dock ta hand om loggarna och analysera dem för att kunna avgöra om någon form av åtgärd krävs. Annars är de värdelösa ur verksamhetsperspektiv och innebär enbart en kostnad. Säkerställ resurser och rutiner för logghantering.

## Förutsättningar för drift och förvaltning inom staden

Avsnittet beskriver erfarenheter gjorda i samband med informationssäkerhetsaktiviteter i projektet och rekommendationer för fortsatt arbetet i staden med utveckling, anskaffning och införande av lösningar inom ramen för den smarta och uppkopplade staden. Rekommendationerna är generella och syftar till att ge rätt förutsättningar till sådana initiativ för att de skall kunna bedriva sitt arbete på ett för staden effektivt sätt och samtidigt uppnå en tillräcklig nivå av informationssäkerhet.

## Revidering av "Riktlinje för Informationssäkerhet"

Stadens Riktlinje för informationssäkerhet är utformad med avseende på utveckling, anskaffning, införande, drift och förvaltning av informationssystem. IoT är ett nytt område för staden som i viss utsträckning och i vissa delar kräver andra och kompletterade riktlinjer. Det pågår en central aktivitet för uppdatering av Riktlinjer för informationssäkerhet. Tillse att denna aktivitet omfattar kompletteringar som stöd för genomförande av IoT-projekt. Några exempel på sådana områden är

- planering av säkerhetsrelaterade aktiviteter
- nyttjande av stadens tillgängliga resurser (gemensam it, grundläggande infrastruktur, Identity and Access Management (IAM) och molntjänster)
- utformning av lösningsbeskrivningar
- utformning av kravspecifikationer
- säkerhets- och penetrationstester
- krav och exempel på mallar för systemdokumentation i olika faser
- säkerhetsrevision av leverantörer (här kanske det behövs något mer övergripande avseende "Third Party Risk Management") samt
- viktiga regelverk (lagar samt interna och externa riktlinjer) att följa utvecklingen av

Projektet har upplevt att det, inte enbart för IoT-projekt utan generellt, är svårt att få ett grepp om hur ett verksamhetsprojekt ska uppfylla lagar och riktlinjer omsatt i informationssäkerhetsaktiviteter. Det saknas ett metodstöd för det och projektet har utarbetat ett eget, se Appendix 3: Projektets arbetsprocess för informationssäkerhet, som med fördel kan användas som utgångspunkt för en staden-gemensam metod.

## Informationsklassning och riskanalys

Staden behöver bli tydligare i metoden för informationsklassning och riskanalyser, bl.a. avseende vad som krävs som ingångsvärden för att kunna genomföra de olika klassningarna (A, B resp. C). Stödet i form av mallar och verktyg kan också utvecklas. Ett exempel är att dagens protokoll för informationsklassning innehåller en mängd information som inte alls har med syftet med informationsklassningen att göra utan snarare riskanalysen. Det är informationen i lösningen som ska värderas. Detta förvirrar och gör själva klassningen svår att genomföra med kvalitet.

Vidare kan metoden utvecklas med avseende på att klassningar och riskanalysaktiviteter av typ B och C kan fokusera på eventuella förändringar som skett sedan typ A genomfördes vilket skulle spara tid och pengar.

- Säkerställ att staden i detta sammanhang har möjlighet att påverka utformningen av nästa version av SKR:s KLASSA så att den omhändertar de erfarenheter projektet redovisat i detta dokument.
- Utvärdera nyttan av att etablera ett centralt stöd i form av "Threat Modelling" (stöd för identifiering av hot och sårbarheter som ingångsvärde till informationsklassning) till olika verksamhetsprojekt som har det behovet.

### Övervakning och logghantering

Det är en utmaning att det ännu inte verkar finnas förutsättningar centralt inom staden att leverera SOC-, SIEM- och logghanteringslösningar brett för olika verksamhetsprojekt som har det behovet. Det är ineffektivt ur kostnadsperspektiv att ett enskilt verksamhetsprojekt och en enskild förvaltning skall lösa detta själva.

- Utvärdera nyttan av att centralt anskaffa, utveckla och driva SOC-, SIEM- och logghanteringslösningar brett för olika verksamhetsprojekt som har det behovet.

### Resurser och kompetens

Organisation för styrning, uppföljning av samt resurs- och kompetensmässigt stöd till verksamhetsprojekt, drift och förvaltning avseende informationssäkerhet kan utvecklas samt omfatta IoT. Som nämnts tidigare sker en snabb teknisk utveckling och det är svårt för en enskild förvaltning att förväntas svara upp mot behoven. Vidare är det ineffektivt för staden ur ett kostnadsperspektiv.

- Utvärdera nyttan av att skapa en organisation, ett "Center of Excellence", för styrning, uppföljning av samt resurs- och kompetensmässigt stöd till verksamhetsprojekt, drift och förvaltning avseende informationssäkerhet som omfattar IoT.

### Förbättrad kravhantering

Stadens Riktlinjer för Informationssäkerhet är utformade med fokus på informationssystem. Det gör att det varit svårt att veta om en

kravställning som tas fram i projektet är tillräcklig ur ett säkerhetsperspektiv. Projektet har tagit hjälp av NIST och andra ramverk och letat rätt på kravställningar från tidigare genomförda projekt för att så långt som möjligt minimera risken för bristfälliga kravställningar ur ett informationssäkerhetsperspektiv inom projektet.

- Skapa ett ”bibliotek” av kravställningar (framtagna såväl inom som utom staden) som kan användas av kommande verksamhetsprojekt som stöd vid framtagning av kravs-specifikationer.

## 2.7 Framtidens smarta lyktstolpe

När belysningsanläggningen blir smart och uppkopplad får den egenskaper som kan nyttjas för andra användningsområden till nytta för staden, exempelvis som bärare av uppkopplade ting för datainsamling. För att möta strategin och visionen om att sätta människan i centrum för de tjänster som staden tar fram arbetade projektet med konceptutveckling och omvärldsbevakning.<sup>7</sup> Syftet var att identifiera funktioner och användningsområden för lyktstolpen för annat än just belysning. Syftet var också att utforska möjligheten att kunna dela kostnader med fler användare.

Projektet har undersökt och utvärderat några utökade användningsområden för införande som visat sig vara intressanta, men inte valt att gå vidare med i den pilot som projektet arbetat med. Projektet undersökte bland annat sensorer för luftkvalitet, marksensorer, avancerade sensorer för rörelseflöden, eluttag i stolparna för externt bruk och så kallade smarta belysningsstolpar. En beskrivning av funktionerna och varför de valdes bort finns i beskrivna i sin helhet i en rapport.<sup>8</sup>

I detta avsnitt ges en sammanfattning av observerade utmaningar och förutsättningar för en utökad användning av belysningsanläggningen inom de områden som projektet undersökt. Avsnittet innehåller också rekommendationer om vidare utredning och tester där ett framtida införande potentiellt kan medföra nytta för stadens verksamheter, dess invånare, företagare eller besökare.

Projektet har utgått från att det är behovet som ska driva utvecklingen av den smarta staden och inte tekniken. Därmed har

---

<sup>7</sup> Omvärldsanalys. Dnr: KS 2018/000119

<sup>8</sup> Sammanställning av lösningar och koncept som inte tagits vidare i pilotinförandet. Dnr: KS 2018/000119

det varit viktigt att föreslagna lösningar är förankrade i ansvarig verksamhets behov.

### Identifierade utmaningar

I projektet har mycket tid lagts på att dels undersöka potentiella möjligheter och nyttor utanför belysningsområdet och dels reda ut, tillsammans med ansvarig förvaltning, om förslagen är önskvärda att testa i piloten. Exempelvis har möten arrangerats med miljöförvaltningen och stadsbyggnadskontoret. För att skapa ett ökat driv från ansvarig förvaltning, säkerställa att behoven styr och minska tiden som smart stad-projekt lägger på att utreda andra verksamheters behov behöver möjligheterna kommuniceras i större omfattning. Det vill säga de möjligheter som skapas när infrastrukturen i staden blir uppkopplad och strömförsörjd dygnet runt.

I de fall det visat sig att vissa lösningsförslag från projektet inte har svarat upp mot verksamhetens behov fullt ut har de blivit bortprioriterade. Platsen för piloten, Spånga-Tensta stadsdelsområdet, har varit en sådan faktor som gjort att exempelvis luftpartikelsensorer inte varit aktuellt att testa. Detta trots att Stockholm Luft- och Bulleranalys (SLB Analys) har ett behov av luftkvalitetsdata, men då från mer trafikerade platser i staden eftersom övriga platser inte skiljer sig åt nämnvärt.

En annan orsak till att behoven inte har kunnat mötas fullt ut för att motivera ett införande är att det vid tillfället för införande inte fanns en lämplig teknisk lösning på marknaden. Tekniken är inte anpassad för att placeras i lyktstolparna, det data som samlas in är inte alltid helt tillförlitligt eller så är tekniken inte tillräckligt färdigutvecklad för att möta exempelvis säkerhetsmässiga krav.

Gällande luftpartikelsensorer är det data som samlas in via mindre och billigare sensorer, som kan placeras på exempelvis lyktstolpar, helt enkelt inte tillförlitlig och kan därför inte användas för att göra prognoser. Avseende mer avancerade sensorer för rörelseflöden, som var tänkt att användas till såväl insamling av trafikdata och till ljusreglering, undersökte projektet både Lidar och en form av kamerabaserad sensor men dessa krävde mer teknisk utveckling än vad som fanns tid för inom ramen för projektet. Det krävdes dessutom ett kameratillstånd från datainspektionen.

En annan utmaning med att införa vissa funktioner i belysningsanläggningen är juridiska hinder. I förhållande till den kamerabaserade närvarosensorn så krävs tillstånd från Datainspektionen vilket vid tillfället innebar cirka ett års

handläggningstid. Ansökan krävde även stor kännedom om den tekniska lösningen, vilket inte kunde tillhandahållas förrän produkten var mer eller mindre färdigutvecklad. Eftersom det inte fanns tid för projektet att göra ett införande i piloten lämnades arbetet över till Urban ICT Arena för fortsatt utveckling och tester.

En annan utmaning är lagstiftningen som hindrar införande av laddstationer för el-bilar, scooters eller el-cyklar i belysningsstolparna. Vägbelysning faller under förordningen om icke koncessionspliktiga nät (IKN). I § 24-31 i IKN-förordningen finns bestämmelser om hur och när ett internt nät får användas för att överföra el till andra än den som äger nätet utan att det ska krävas nätkoncession. Huvudregeln är att överföring av el bara ska ske till den som äger elledningen eller elnätet för att inte kravet på nätkoncession ska gälla.

Även om belysningsnätet var spänningssatt hela dygnet på alla platser och Stockholms stad fick lov att använda det för andra ändamål, som exempelvis externa laddstationer för el-bilar, är det dock inte dimensionerat för stora effektuttag. Säkringarna är små och kablarna är långa och tunna.

När staden arbetar med teknik och använder stolpen till mer än det den är utformad för handlar det också om estetik, inte bara ljuset utan även stolpen och dess ljuslykta. Det är något vackert som kan göra staden mer trivsamt och attraktiv. Många städer kännetecknas också av sin lykta och stolpe. Som exempel är Paris starkt förknippad med sina lyktor och stolpar i jugendstil och som varsamt moderniserats med LED utan att påverka form och ljussättning. Även Stockholm har lyktor varav två är speciellt framtagna för staden. Det är Stockholmslyktan som togs fram 1860 och som syns i Gamla Stan, runt slottet och broarna kring riksdagshuset och det är Stockholmslampan, det vinnande bidraget i en nordisk design tävling som utlystes i samband med att staden tog fram en ny ljussättningsplan i slutet av 80-talet. Stockholmslampan har tagits fram i olika format och kan monteras på stolpe, lina och fasad.

Med ny teknik som monteras på stolpen, i många fall utanpå stolpen eller på armaturen ställer det nya krav på utformning för att följa teknikutvecklingen. Det är fortfarande ovanligt med en helhetssyn av stolpen med integrerade tekniska funktioner där lyktstolpen får fler funktioner än ljussättning. Design har inte riktigt hunnit med i mötet mellan datatekniska funktioner och belysningsfunktionella krav. Teknikutvecklingen påverkar även tillverkarna på flera sätt och leverantörer från helt olika branscher ska mötas i en gemensam sak. I tidigare teknikskiften, som steget från gas till elektrifiering,

har hänsyn tagits till design och det blir aktuell igen med digitaliseringen. Att utlysa en designtävling kan vara ett sätt att uppmuntra till nytt tänk och få till en förändring genom en tydlig designbeskrivning av funktion och form. Ett aktuellt exempel är en designtävling som utlystes av Los Angeles stad<sup>9</sup> och där vinnaren presenterades i september 2020.



Figur 6. Vinnande bidrag av smart lyktstolpe i Los Angeles.

Vinnande bidrag har tagit stor hänsyn till att rymma teknik och uppfylla olika behov. Ljusdesign, teknik och olika funktioner i den här lösningen är inkluderad i formgivningen. Lyktstolpen är flexibel och utbyggbar utifrån de behov som finns på de olika platser där stolpen ska placeras.

Utöver estetiken är viktlasten på utrustning som monteras på själva belysningsstolparna viktigt att förhålla sig till för att garantera fysisk säkerhet. Detta eftersom stolparna i dagsläget inte är dimensionerade för att bära tung utrustning utöver armaturerna. Ett möjligt alternativ för att lösa detta är att testa så kallade ”smarta lyktstolpar”. Det vill säga överdimensionerade stolpar som klarar större laster och som kan rymma teknik inuti stolpen. Projektet har inte testat detta då det inte funnits ett uttalat behov av detta för tillfället utan har istället utökat stolparna i piloten med extra stolpluckor för möjligheten att testa mindre utrustning inuti stolpen.

När lyktstolpen utrustas med teknik för att möta behov från andra förvaltningar och bolag i staden uppstår också frågor om vem som

---

<sup>9</sup> CityLab Daily: The Streetlights Are Watching

är ansvarig för att sköta drift och underhåll av tekniken, samt vem som är ansvarig när eventuella fel uppstår. Denna fråga har projektet inte hunnit djupdyka i utan det behöver utredas vidare hur ansvar för drift och underhåll ska skötas samt hur kostnader ska fördelas.

## Rekommendation

Projektets rekommendationer är att:

- *Satsa på intern kommunikation* – De möjligheter som skapas med smart och uppkopplad belysning behöver spridas inom staden för ökad kännedom bland andra förvaltningar och bolag. Detta skulle skapa bättre förutsättningar för effektivitet och behovsdriven utveckling.
- *Fortsätta utvecklingen av avancerade sensorer för trafikdetektering i lyktstolparna och att utreda kraven på kameratillstånd* – Projektet har sett att det finns ett stort behov av trafik- och rörelsedata inom staden och projektet har även velat testa möjligheten att styra belysning utifrån trafikintensitet för att möjliggöra energibesparingar. Projektet rekommenderar därför fortsatt bevakning av utvecklingen av exempelvis Lidar och kamerasensorer, samt samarbete med Urban ICT arena och samverkan mellan avdelningar på trafikkontoret (trafikdata och belysning) och andra förvaltningar i staden som stadsbyggnadskontoret. Det behöver också utredas i vilka fall som kameratillstånd behövs. Det vill säga i vilka fall tekniken ska räknas som en kamera eller inte beroende på dess förmåga att inte urskilja specifika individer.
- *Fortsätta följa nätkoncessionsutredningen och undersöka undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen* - Behovet av laddstationer kommer sannolikt att öka i takt med den ökade användning av eldrivna fordon i staden, så som elbilar, elcyklar och scooters. Projektet rekommenderar därför att möjligheten att dela ström via belysningsstolpar fortsätter utredas i syfte att i framtiden kunna möta ett ökat behov, utan att behöva sätta upp särskilda stolpar i stadsmiljön för enbart el-laddning.
- *Testa smarta lyktstolpar* – Exakt vad en smart lyktstolpe är, hur den ska se ut och vad den ska klara av, har inte helt landat i projektet. Projektet förslår därför att trafikkontoret fortsätter utreda detta och genomför ett test för att undersöka möjligheter och förutsättningar närmare. Exempelvis lämpliga platser för placering, dimensionering, design och

hur teknisk utrustning fungerar när den placeras inuti stolpen.

- *Tekniken bör inte förfula stadsmiljön och därför behöver även design finnas med i utveckling av ny teknik* – Att på ett strukturerat sätt inkludera estetik och design i arbetet med teknik. Tillexempel genom att använda metoder som Design Thinking. Ett möjligt tillvägagångssätt är att utlysa en design tävling för att ta fram en lyktstolpe och armatur med integrerad teknik
- *Fortsatt utredning hur drift- och underhållsarbete samt kostnader ska fördelas* – När andra verksamheter nyttjar belysningsstolpen, eller annan infrastruktur i staden, för placering av exempelvis sensorer så behöver ansvar och kostnadsfördelning tydliggöras.

## 3. Mot en smart och uppkopplad stad

### 3.1 Samarbete

Den smarta staden ställer krav på att arbeta tillsammans för att gemensamt lösa tekniska utmaningar och digitalisera, både internt och externt. Strategin<sup>10</sup> beskriver att samarbete ska ske på kort- och lång sikt, både i specifika projekt men också proaktivt. Samarbetet omfattar verksamheter inom Stockholms stad, näringsliv och akademi samt regionalt, nationellt och internationellt.

#### Internt samarbete

Projektet har drivits som ett samarbetsprojekt från stadsledningskontorets avdelning för it och digitalisering i nära samarbete med trafikkontoret, Stokab, S:t Erik Kommunikation och stadsdelsförvaltningen i Spånga-Tensta för att gemensamt, genom ett verksamhetsutvecklingsprojekt, identifiera möjligheter till skalbarhet och möjligheter för andra verksamheter att dra nytta av projektets resultat.

Datakommunikation är en avgörande del för den smarta och uppkopplade staden och S:t Erik Kommunikation har bidragit i projektet med nätverkskompetens och för att förstå de behov som piloten har. Värt att nämna är att S:t Erik Kommunikation har haft två roller i projektet, som projektmedlem med nätverkskompetens och som leverantör av stadens kommunikationslösningar.

Tillsammans med kollegor i staden har projektet även undersökt möjligheten med fler användningsområden (se avsnitt 2.7) för en uppkopplad lyktstolpe som har konstantmatning av ström och ett modernt systemstöd som kan styra belysning. I det arbetet har projektet samarbetat med:

- Trafikkontoret, trafikplanering
- Miljöförvaltningen, SLB analys
- SISAB

#### Samarbete med leverantörer

Genom upphandling av hårdvaror och mjukvaror har projektet etablerat samarbeten med ett antal leverantörer. Nedan listas de

---

<sup>10</sup> Strategi för Stockholm som smart och uppkopplad stad. Dnr: 171-908/2016

företag som har levererat delarna till den lösning som tagits fram för pilotinförandet:

- Itron, SL.V, systemstöd för belysningsstyrning
- Itron, Flashnet, styrenheter och gateway till armaturer
- Telia, SIM-kort NB-IoT och 4G, APN
- Annell, Comlight närvarosensorer
- ABB, belysningscentral
- Centralbyggarna, belysningscentral
- Induo, Encore, styrenhet och gateway till belysningscentral
- Stockholm Lighting Company, Pharos effektbelysning

TietoEVERY är stadens tjänsteleverantör av brandväggar, IdPortal för inloggning och integrationsplattform för API:er. S:t Erik Kommunikation är ett av Stockholms stads bolag och ansvarar för stadens kommunikationsnät. Utöver nätverket har S:t Erik Kommunikation levererat VPN-uppkopplingar.

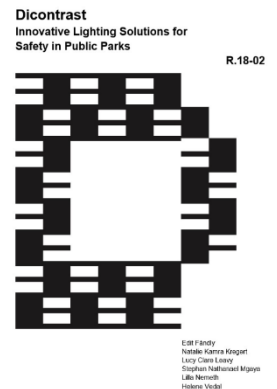
Projektet har haft flera kontakter hos TietoEVERY för de beställningar som krävts för driftsättning av lösningen. Processen för leverans av beställningar har varit svåra att överblicka och det har varit svårt att planera in ledtider för de olika beställningarna. I ett senare skede beslutade projektet att ta in en koordinator från TietoEVERY med uppdrag att följa beställningar internt och underlätta för projektets planering.

### **Externa samarbeten**

Projektet har haft en ambition att knyta externa kontakter för att bygga kompetens i projektet både för att dela utmaningar och kunskap under arbetets gång.

Fritidsgården **TechTensta** som ligger i pilotområdet har varit en plats för träffar och workshops. Projektet arbetade med Design Thinking som metod och organiserade en workshop tillsammans med leverantörer och projektmedlemmar för att diskutera form och funktion för en smart lyktstolpe. Resultatet gav insikter till det fortsatta arbetet och en gemensam grund för vad en smart lyktstolpe är. Tillsammans med coacher och projektledare på TechTensta organiserade projektet en workshop för ungdomar med tema Framtidens smarta lyktstolpe.

**Open lab** på KTH har varit en part i projektet med deltagande studenter som arbetat med att ta fram lösningar för den smarta lyktstolpen. Studenterna arbetade efter metoden med design thinking. Open lab har också drivit ett innovationsprogram Frontrunner. Tillsammans med projektet organiserades en halvdags workshop med belysningsbranschen och IoT start-ups som målgrupp.



Figur 7. Bild på framsidan av en studentuppsats, Open lab KTH.

Under 2018, 2019 och 2020 har projektet presenterat stadens utmaningar med den smarta staden och med den smarta belysningsanläggningen för studenter på data och systemvetenskapliga institutionen vid **Stockholms universitet**. Utmaningarna har fungerat som underlag till ett 10 veckors projektarbete med att ta fram idéer och bygga en applikation.

Projektet har löpande haft kontakt med forskningsinstitutet RISE i frågor kring datakommunikation och smart stad. **RISE** var värd för ett av projektets referensgruppsmöten. Deltagare utöver stadens referensgrupp var forskare med expertis inom säkerhet, datakommunikation och socio-ekonomi.

Tillsammans med stadens testbädd i Kista, **Urban ICT Arena**, har ett par initiativ tagits för att förstärka projektet. Projektet såg tidigt ett behov av att testa olika tekniker för att kunna ta fram en tydlig beställning. Projektet rådfrågade Urban ICT Arena om det var möjligt att hitta ett samarbetsforum med olika leverantörer för att testa integrationer med industristandarden TALQ. Testbädden hade ett antal leverantörer som inte kunde uppfylla projektets behov. För att ett test ska vara framgångsrikt bör en riktad inbjudan göras med beskrivna användningsfall och krav på teknik. Det kräver ett eget projekt och resurser. Projekt Smarta lås gjorde ett lyckades bra i samarbete med leverantörer och Urban ICT Arena med tester av olika smarta lås.<sup>11</sup>

Projektet har samarbetat med Barbro Fröding, **Senseable lab Stockholm, KTH-MIT** med att skriva om avsnittet om etik i den här rapporten och deltagit i en studie om etik. (se avsnitt 3.7).

Projektet har fokus på ett pilotinförande av en icke-proprietär lösning vilket innebär att alla delar i lösningen har levererats av

<sup>11</sup> Lärdomar från PoC central låsplattform - Smarta lås i Stockholms stad. Dnr: KS 2018/000121

olika företag (se listan ovan). De produkterna ska sedan fungera tillsammans i en helhet (end-to-end). Det ställer krav på bra kontakter och goda samarbeten, inte bara med projektet och leverantörerna och den kommande förvaltningsorganisationen men också mellan leverantörerna. Kontakten mellan leverantörerna måste etableras och fungera över tid.

De externa kontakterna, framförallt till universitet och forskningsgrupper har varit viktiga för att dela de utmaningar som staden står inför. Det skapar konkreta problem för studenter att lösa och för forskningsprojekt att studera.

### **Rekommendation**

Digitalisering och vägen mot den smarta staden ställer krav på att arbeta tillsammans för att gemensamt lösa tekniska utmaningar och digitalisera, både internt och externt. Det ställer krav på projekt som drivs som samarbetsprojekt i form av engagemang och kommunikation men framförallt tid. Det tar tid att samarbeta, att involvera många parter och att förankra arbetet med de intressenter som finns knutna till projektet men det är också det som kan leda till förändring. Förändring tar tid.

Projektet rekommenderar att:

- Planera in tid för samarbete över organisationsgränser i projekt som ska verka för förändring i Stockholms stad
- Etablera relationer med leverantörerna och arbeta med lösningarna tillsammans
- Bidra med resultat och utmaningar till studenter som får arbeta med att lösa verkliga problem
- Bidra till forskning genom att presentera utmaningar och beräkna in tid för samarbete

## **3.2 Innovation och utveckling**

På stadens externa webbplats kan man läsa följande text om Stockholms stads arbete med innovation<sup>12</sup>: ”Innovation är en mycket viktig del i hållbarhetsarbetet och Stockholm behöver därför ta fram nya, horisontella och innovativa arbetsätt och tekniker som löser framtidens utmaningar på ett hållbart sätt, såväl ekonomiskt, socialt som miljömässigt. För att uppnå detta krävs en kulturförändring både när det gäller fördjupade externa samverkansprocesser och interna processer inom staden. Det

---

<sup>12</sup> Stockholms stad, Innovation.

handlar bland annat om att förstå systemperspektiv, utbilda innovationsledare, förändra ledarskap och arbetsmetoder, i högre grad tillämpa innovationsupphandlingar och utveckla stadens processer.”

### **Projektets erfarenheter**

Projektet har arbetat på olika sätt med användning av ny teknik. Genom ett brett deltagande av olika kompetenser, både från stadsledningskontoret, trafikkontoret, stadsdelsförvaltningen, Stokab, S:t Erik Kommunikation, konsulter och externa leverantörer har olika perspektiv kunnat belysas och även prövats i praktiken.

Genom att följa de vägledande principer som tagits fram i strategin för Stockholm som smart och uppkopplad stad har de tekniska lösningarna i projektet byggts modulärt med delar från olika leverantörer. Projektet kan konstatera att det ställer stora krav på staden som ytterst ansvarig för att alla delar ska fungera tillsammans och att arbetet med införandet tagit längre tid än vad projektet planerat för. Det beror delvis på att kombinationen av olika leverantörers tekniska leveranser inte gjorts tidigare, då det vanliga tillvägagångssättet är att upphandla en helhetslösning från en viss leverantör. Även om man arbetar enligt samma industristandard, TALQ2, har det visat sig att det i praktiken krävs utveckling av olika tekniska delar för att de ska kunna fungera tillsammans. Detta eftersom standarden inte vägleder implementationen i tillräckligt detaljerad grad, vilket innebär att varje ny kombination av moduler från olika leverantörer behöver anpassas för att kunna fungera tillsammans.

Under införandearbetet har trafikkontorets lokaler på Styckjunkargatan använts för att sätta upp en testmiljö för att kunna testa de uppkopplade armaturer, sensorer och belysningscentraler som ingår i piloten innan installationen av de uppkopplade enheterna genomförs ute i gatumiljön. Lösningarna har kunnat verifieras i en säker miljö och testerna har underlättat för ett smidigare arbete ute i fält genom att nödvändiga justeringar och åtgärder för såväl hårdvara som mjukvara identifierats under testerna.

### **Möjligt fortsatt innovationsarbete**

Delar av den information som samlas in i den smarta och uppkopplade belysningsanläggningen kommer att kunna delas med stadens förvaltningar och bolag som delad data och som öppen data med externa aktörer. På så sätt möjliggörs vidare användning och

utveckling av nya tjänster som baserar sig på informationen från belysningsanläggningen. Som ett exempel kan data kan ge möjlighet att i framtiden låta räddningstjänsten använda belysning på olika sätt vid utryckningar.

För att vidare delning ska vara möjlig behövs fortsatt samverkansarbete mellan trafikkontoret som ansvarar för anläggningen, den information som genereras och andra aktörer med intresse både av informationen som av att kunna påverka hur belysningen styrs.

### Rekommendation

Att arbeta med innovation och utveckling tar tid. Projektet rekommenderar framtida innovations- och utvecklingsprojekt att arbeta med tester och att ta hänsyn till att det tar längre tid att arbeta med innovativa lösningar där man inte upphandlar färdiga lösningar och produkter.

Utöver att fortsätta använda den testmiljö som projektet etablerat finns även möjligheter att använda Urban ICT Arena. Där kan tidiga tester genomföras för att bedöma potentialen för nya smarta enheter och produkter. Ett exempel på detta är leverantören Zero Parallax som utvecklat en ny typ av närvarosensor. Projektet inledde ett samarbete med leverantören. Samarbetet lämnades vidare till Urban ICT Arena för fortsatt utvecklingsarbete i och med att den erbjudna produkten inte var tillräckligt färdig för att kunna användas inom ramen för projektets pilotinförande.

Projektet rekommenderar att:

- erfarenheterna från projektet används som underlag vid en översyn av trafikkontorets och stadens rutiner för arbete med innovationsprojekt
- trafikkontorets belysningsenhet fortsätter att använda lokalerna på Styckjunkargatan för tester av uppkopplade enheter i belysningsanläggningen. Ett separat PM har tagits fram som beskriver arbetet på Styckjunkargatan.<sup>13</sup>
- testmiljön används av andra avdelningar och enheter på trafikkontoret. I testmiljön kan inomhustester tester göras innan installation görs i utomhusmiljö
- att göra tester tillsammans med Urban ICT Arena för att skapa bättre underlag till kravspecifikationer. Det tar längre tid men gör att staden kan bli en bättre beställare. Samarbete i Urban

---

<sup>13</sup> PM om tester på ”Styckis”. Dnr: KS 2018/000119

ICT Arena möjliggör att staden kan lära sig tillsammans med marknaden

- prova lösningar i drift i mindre skala, som i projektets pilotområde, för att sedan stegvis kunna skala upp fungerande koncept

### 3.3 Upphandling och avtal

Projektet valde att dela upp inköpen i mjukvara, systemstödet för belysningsstyrning, och hårdvaror, armaturer, lyktstolpar, sensorer och belysningscentraler. Det beslutet<sup>14</sup> grundades i de analyser som gjordes under hösten 2018 för att förstå marknaden och ta in erfarenheter från andra städer. Ytterligare information hämtades genom att publicera sju ”request for information” (RFI) som berörde belysningscentraler, belysningsstolpar och fem olika typer av sensorer.

För systemstödet för belysningsstyrning valdes upphandlingsformen förhandlat förfarande med föregående annonsering. Det gav möjlighet att diskutera krav och svar från leverantörerna för att kunna förbättra anbuden. Det skapade också möjlighet att påbörja en relation mellan projektet och leverantörerna och skapa förutsättningar för att komma igång med arbetet när väl affären var avslutad. En uppfattning som delades av leverantörerna.

Upphandlingen av systemstödet påbörjades i januari 2019 och avtal tecknades i november 2019. Tio leverantörer svarade på inbjudan till anbudsansökan och efter urvalsprocessen bjöds fyra leverantörer in att lämna anbud. Vinnande anbud gick till Itron för leverans av deras system, Streetlight vision (SL.V). Avtalet gäller för två år med möjlighet till förlängning upp till åtta år. Avtalet omfattar hantering av pilotens 180 enheter med möjlighet att skala upp till 48 000 enheter. Avtalet ger också en möjlighet att utveckla tjänster och Itron har genom ett tilläggsavtal uppdraget att bygga ut lösningen med en gateway och de styrenheter som sitter i armaturer.

Närvarosensor, belysningscentraler, armaturer och stolpar avropades slutligen via det befintliga ramavtal trafikkontoret har med Elektroskandia. Licens för Pharos effektbelysning har avropats via ATEA.

---

<sup>14</sup> Anskaffningsstrategi, Smart och uppkopplad belysning, 2018. Dnr: KS 2018/000119

## Rekommendation

De erfarenheter som projektet drar av att upphandla på det befintliga ramavtalet är att det saknas rutiner för hur kravställningar skrivs om it- och säkerhetskrav. De säkerhetstester som projektet genomfört har identifierat brister gentemot en nivå som hittills inte kravställts. Rutinerna bygger på hur trafikkontoret traditionellt gjort inköp av hårdvaror men som nu ofta inkluderar en mjukvara vilket ställer nya krav på beställarens kunskaper om it.

Upphandlingsformen förhandlat förfarande kräver tid och resurser. Fördelen är att det ger en möjlighet att förbättra anbudet genom att krav kan diskuteras. Potentiellt har även en relation mellan vinnande leverantör och staden grundats som gör att arbetet kan komma igång snabbare.

Projektet rekommenderar att:

- Rutiner för inköp ses över för avrop via ramavtal och att en mall för kravspecifikation tas fram som inkluderar informationssäkerhet
- Att trafikkontoret bygger upp rutiner kring informationsklassning av de system som följer med vid avrop på befintliga ramavtal

## 3.4 Öppna och delade data

För att Stockholm ska bli världens smartaste stad krävs att data delas internt inom staden och så långt som möjligt även som öppet data för aktörer utanför staden. Trafikkontoret delar redan idag uppgifter om belysningsmontage, det vill säga de delar platsen där lyktstolparna står (punktgeometri) och de uppgifterna finns att hämta i stadens dataportal<sup>15</sup> med en API-nyckel.



Figur 8. Dataportalen.se

Genom projekt Smart och uppkopplad belysnings pilotinförande möjliggörs automatiserad insamling av belysningsdata. Datat samlas in digitalt till SL.V, det systemstöd för belysningsstyrning som trafikkontoret använder för att styra och övervaka belysningen

---

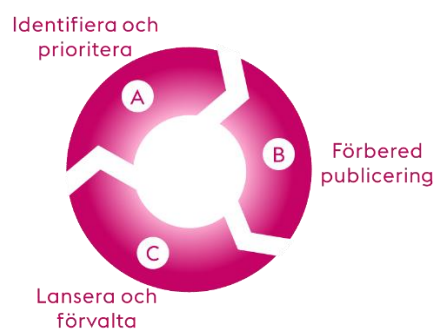
<sup>15</sup> Dataportalen

i pilotområdet i Tensta. Det data som skickas till systemstödet används främst för att få information för att planera drift och underhållsarbete. Belysningsdata kan dock användas i fler syften och projektet har därför arbetat vidare med att tillgängliggöra flera dataattribut som öppen data.

Informationsström	Beskrivning	Frekvens
Enhetsinformation	Information om enheterna dess typ och placering	Vid ändring/installation
Enhetsstatus	Ändring av armaturens status som Effektuttag, Av/På	Vid ändring, t.ex. vid effektändring eller på och avslag av belysning
Driftsinformation	Energiåtgång, brinntid	Aggregerat per timme

Tabell 1. Exempel på belysningsdata

Projektet har arbetat med en process för tillgängliggörande av öppen och delad belysningsdata. Processen har tagits fram av projekt ÖDIS, ett Vinnovafinansierat projekt som drivits i programmet och med STORSTHLM tillsammans med regionerna.



Figur 9. ÖDIS process för att tillgängliggöra data.

Processen har fungerat som en guide med olika aktiviteter som syftar till att vägleda och underlätta för projekt och verksamheter att identifiera och publicera data. Smart och uppkopplad belysning har agerat testgrupp i syfte att kontinuerligt ge feedback på processen för ytterligare utveckling.

Projektet har bland annat arbetat med att kartlägga vilka behov andra verksamheter, i och utanför Stockholms stad, har av olika former av belysningsdata och vilken nytta andra verksamheter,

kommuner och företag kan ha av belysningsdata. Vid en workshop som projektet arrangerade kom en del intressanta resultat fram:

- Information om olika typer av fel, vad felet beror på och om det är felanmält
- Position för stolpe
- Status för armatur/ljuskälla (på/av)
- Tider som belysning är på
- Vinkel för stolpe, för att kunna avgöra om den är påkörd
- Återstående brinntid
- Energiförbrukning
- Ljusintensitet/luminans
- Underhållsdatum
- Typ av armatur

Några av de potentiella nyttor som finns med att dela belysningsdata är att andra förvaltningar, bolag och kommuner som äger och förvaltar belysning kan jämföra och använda olika uppgifter inför beslut, utveckling av belysningsanläggningen eller vid upphandling av belysningsrelaterat material. Datat kan även användas för att utveckla nya appar eller i forskning om energiförbrukning och ljusföroreningar.

Projektet har också undersökt förutsättningar för att dela data och hur det ska tillgängliggöras. I detta steg har urval av dataattribut, datamodeller och format för delning diskuterats. Fiwares datamodell, som projektet valt att använda för delning, har mappats mot önskade dataattribut från workshopen. Tillgängliggörandet av belysningsdata görs i nGSI v2 (FIWARE) format för domänerna Device och Streetlight.

Fiware har valts som datamodell dels för att modellen är framtagen som ett förslag till standard för delning av IoT data samt att ÖDIS - projektet var intresserande av att börja använda denna modell. Det är även den modell som projektet kravställt på till IoT-plattformen. IoT-plattformen etablerades dock inte under projekttiden och en tillfällig lösning valdes i syfte att testa processen för delning och för att få feedback på datat som delades.

Stadens leverantör av integrationsplattformar, TietoEVERY, genomförde en förstudie för att utreda förutsättningarna att utveckla ett belysnings-API med hjälp av stadens API-gateway. Ingångspunkten har varit att återanvända de API:er som finns tillgängliga i SLV och publicera dessa som tjänster. Utredningen har visat att det kan finnas utmaningar med att anropa SL.V:s Northbound API:er, men det är i skrivande stund inte klarlagt vilka begränsningar som kan finnas. TietoEVERY har i dialog med Itron tagit fram ett lösningsförslag som bygger på att SL.V exporterar

data i form av en fil som stadens integrationsplattform kan hämta för vidare hantering och delning.

### Utvärdering av processen

Processen för öppna och delade data hjälper projekt och verksamheter att steg för steg tillgängliggöra data. Vissa processteg var dock svåra att förstå, det vill säga vad man ska göra, om man inte har rätt teknisk kompetens. Tillgängliggörande av data ställer krav på att teknisk kompetens finns tillgänglig för projekt och verksamheter om de ska kunna förstå vad som ska göras och sedan genomföra aktiviteterna.

I projektet har arbetet med processen att tillgängliggöra öppen och delad belysningsdata gått trögt. Det beror till viss del på att processtegen är många, kräver mycket arbete och är svårtolkade. Från början var det inte heller tydligt vem som skulle driva arbetet med tillgängliggörandet av belysningsdata. Med andra ord om det var projekt Smart och uppkopplad belysning eller om det var ÖDIS som hade det primära ansvaret för resurser och kompetens för att kunna genomföra processtegen. Detta har, tillsammans med att aktiviteten inte har prioriterats, skapat viss passivitet från båda projekten.

Övriga utmaningar har varit att projektet inte vetat var data ska tillgängliggöras, det vill säga i vilken portal, vilket gjort förutsättningarna otydliga. Projektet har inte heller haft kunskap om vilka dataattribut som fanns tillgängliga i systemstödet för belysningsstyrning och i vilket format eftersom pilotförändret drog ut på tiden.

### Rekommendation

TietoEVERY:s utredning visar på ett antal utestående frågor som projektet rekommenderar att de utreds för att möjliggöra att data kan delas via ett belysnings-API:

- Det viktigaste frågan är att klargöra om det finns möjlighet att Itron kan publicera mätvärden via SL.V:s API:er direkt. Svaret på frågan blir avgörande för vilken design och integrationsmönster som lösningen ska följa.
- Itron har efterfrågat en lista med attribut som skall exporteras. Projektet rekommenderar att denna lista tas fram av trafikkontorets belysningsverksamhet då det kräver verksamhetskunskap.
- Itron har lyft fram vikten av att de attribut som exporteras ska vara de där SL.V är master för dessa data. Andra data

som exempelvis adresser kan komma att behöva hämtas från andra källor medan belysningsstolpens placering bör kan hanteras från SL.V. Det behöver i så fall utredas var masterdata kan hämtas ifrån.

- Frekvens, hur ofta skall dessa data exporteras/läsas in i integrationslösningens databas?
- Om ett annat integrationsmönster önskas kan det vara bra att utreda om Itron kan leverera ett meddelande när status på angivna attribut har uppdaterats. Detta skulle öka möjligheten att komma ”nära realtid” för i publicering av belysningsdata.

I övrigt rekommenderar projektet att:

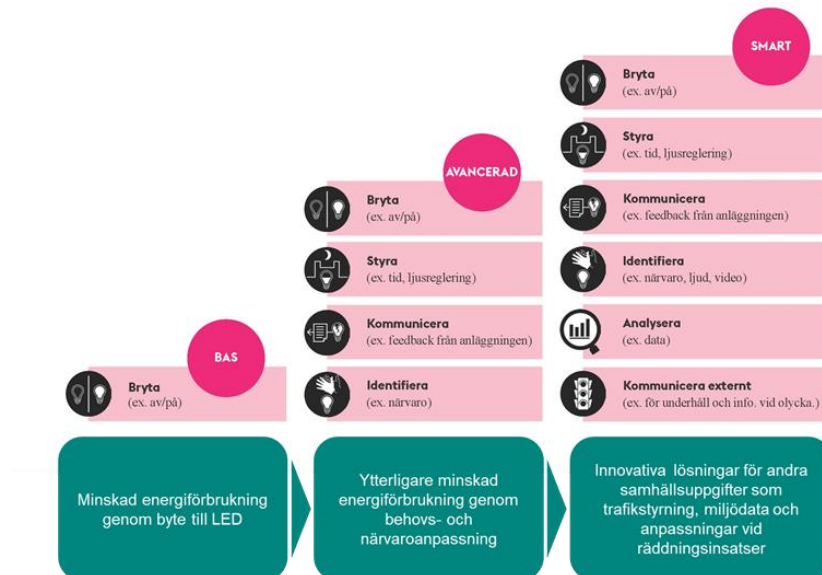
- Att instruktion för informationsklassning av data som ska delas tas fram. I instruktionen för informationsklassning av olika systemlösningar ingår i dagsläget inte något steg för att informationsklassa data som ska delas. Projektet föreslår därför att detta steg läggs till i processen eller att en separat instruktion tas fram för tydliggörande, så att medvetna val om öppenhet kan göras i förhållande till risker.
- Att verksamhetsnyttor bedöms i förhållande till kostnader för delning. Arbete med att tillgängliggöra data är tidskrävande och inbegriper resurser med rätt kompetens för att genomföra viktiga steg i processen. Det uppstår även kostnader i förvaltandet av det delade datat. Om verksamheterna själva ska stå för dessa kostnader är det således viktigt att det även medför nyttor för verksamheten.

### 3.5 Behov av en IoT-plattform

Bilden nedan beskriver den utveckling som belysningsanläggningen kan uppgraderas till och utgår från de basfunktioner som styr anläggningen idag. Basfunktionaliteten som motsvarar dagens belysningsanläggning klarar alltså att ta emot och skicka signaler för att tända och släcka. Nästa steg är den avancerade anläggningen som har möjlighet att även samla in data från anläggningen genom att enheterna är uppkopplade och skapar en tvåvägskommunikation för dataflödet. För att kunna klassa anläggningen som smart måste det data som samlas in kunna användas och skapa insikter och nytta för verksamheterna i staden. Det kan handla om att använda data för den egna verksamheten för att förbättra drift och underhåll i anläggningen genom prediktiva analyser av enheterna.

Data skapar värde som gör nytta för fler, både för stadens verksamheter och för externa aktörer, genom att information som

samlas in förädlas och delas som öppet eller delat data. En smart belysningsanläggning kan bli prediktiv istället för reaktiv och med analysförmågor är det möjligt att skapa dessa insikter.



Figur 10. Belysningsanläggningens stegvisa utveckling från nuläge till smart.

I projektet har de första stegen tagits genom upphandlingar av ett systemstöd för belysningsstyrning (SL.V), en gateway som kommunicerar med systemstödet, armaturens styrenheter, datakommunikation och sensorer för närvarostyrd belysning.

Systemstödet inkluderar flera generella IoT-förmågor som att ta emot och skicka data från IoT-enheter för att kunna uppfylla de verksamhetsfunktioner som krävts för att nå den avancerade nivå beskriven i bilden ovan.

Lösningarkitekturen för piloten har tagits fram enligt de strategiska principerna i strategin och efter principerna i Målarkitektur för IoT<sup>16</sup>. Den beskriver en lösning som bygger på det som monteras i den fysiska miljön och beskriver dataströmmarna till det systemstöd som styr belysningen. Enligt målarkitekturen kan en central IoT-plattform komplettera systemstödet med ytterligare data och funktionalitet. Eftersom en central IoT-plattform är specialiserad på att just kunna ta emot data från IoT-enheter och dela den med verksamhetssystem och verksamhetsprocesser kompletterar IoT-plattformen SL.V. Data som en central IoT-plattform har samlat in från andra IoT-enheter kan användas genom att utveckla integrationer mellan de verksamhetsprocesser som finns i SL.V. Exempel på funktioner som skulle kunna komplettera

<sup>16</sup> Målarkitektur för IoT och dataplattformar. Dnr: KS 2018/000123

belysningsanläggningen är: inbrottslarm på el-centraler, miljösensorer, trafikflöden eller vädersensorer som kan användas inom belysningsstyrningens verksamhetsprocesser.

### **Rekommendation**

Exempel på funktioner som med fördel bör hanteras i en central IoT-plattform och som belysningsanläggningen sedan kan dra nytta av är:

- Använda data för belysningsstyrningen från andra sensorer och strömmande datakällor i och utanför staden
- Komplettera belysningsanläggningen med sensorer och aktuatorer som inte går, tekniskt eller kostnadsmässigt, eller bör, verksamhetsmässigt, införas och hanteras i SL.V
- Möjliggöra att dela strömmande data från belysningsanläggningen till andra plattformar och verksamheter
- Erbjud analytiska förmågor på strömmande data utanför SL.V

## **3.6 Datakommunikation i den smarta staden**

De förutsättningar och den infrastruktur för datakommunikation som den uppkopplade belysningen skapar kan användas för fler verksamhetsområden. Datakommunikationen i piloten är inte låst till verksamhetslösningen för den smarta belysningen utan är etablerad som en separat komponent. Det innebär att datakommunikationen kan användas för andra ändamål om stolpen och platsen möter behov från andra verksamheter och deras IoT-enheter.

Valet av datakommunikation för IoT-lösningar i Stockholms stads uppbyggnad av den smarta staden måste passa enheternas användningsområde, platsens förutsättningar och vilken typ av kommunikation som kan ske med enheten. Projektet provade en licenserad mobil teknik, NB-IoT, genom att använda ett APN hos Stockholms stads teleleverantör. Arbetet med att sätta upp kommunikationen till stadens infrastruktur och de arbetsmoment och den kravställning som krävts har lagt grunden för hur NB-IoT kan användas som ett alternativ för datakommunikation i det fortsatta arbetet mot den smarta staden.

För en mer generell förståelse för den infrastruktur som är möjlig för IoT-lösningar arbetar systerprojektet i programmet, projekt

Tekniska förutsättningar, med att ta fram en anvisning om datakommunikation för IoT<sup>17</sup>.

### Rekommendation

Varje IoT-lösning har sina förutsättningar och behov. Tekniken utvecklas och behöver undersökas för varje specifikt fall. Projektet kan lyfta några saker som kan vara bra att ta med i planeringen.

Projektet rekommenderar:

- Att ta hänsyn till platsen och dess förutsättningar, kanske finns det redan kommunikationslösningar på platsen som uppfyller kraven
- Utred behov av dataflödet relaterat till datamängd och frekvens

## 3.7 Etik

Den nya tekniken ska göra livet bättre och enklare och den påverkar oss på både kort och lång sikt. De som ansvarar för att bygga in ny teknik i lösningar har också ett ansvar att för att ha ett förhållningssätt till tekniken och dess möjligheter. Lagen (Dataskyddförordningen, GDPR och Kamerabevakningslagen) är grundläggande men det handlar också om att arbeta med gråzoner som transparens, tillit och rättvisa. Om det är viktigt att vara transparent så kan det stå i konflikt med säkerheten. Värdekonflikter kan även uppstå mellan integriteten å ena sidan och effektiviteten å andra sidan. Det gäller även belysningsanläggningen när den går från att vara elektrifierad till att vara datadriven och hantera data som samlas in genom sensorer på stolpen och armaturen.

Lyktstolpen kan också ha en kamera som fångar vad som rör sig på platsen. Den blir en bärare av kameror och fungerar som en plats för teknik som kan avläsa vad som händer på platsen. Det gör att det kan finnas skäl att vara misstänksam mot kameror i stadsrummet. Många har blivit mer känsliga och uppfattar att den nya tekniken handlar om att övervaka. Det finns ett flertal internationella exempel där de boende i staden har upplevt sig övervakade som Hong-Kong och San Diego. I Hong-Kong<sup>18</sup> blev reaktionerna

---

<sup>17</sup> Anvisningar för datakommunikation för IoT, projekt Tekniska förutsättningar, dnr: 2018/000123.

<sup>18</sup> The Guardian, Hong Kong: anti-surveillance protesters tear down 'smart' lamp-post – video

kraftiga mot lyktstolpar med kameror och knuffades omkull av demonstranter. I San Diego<sup>19</sup> har stolpar, där investering i ny teknik motiverades med energibesparing, även samlat in data från kameror och som sedan har begärts ut vid 400 tillfällen av polisen i syfte att identifiera upprorsmakare under Black Lives Matter.

Så, möjligheten att använda en lyktstolpe till mer än att bära en ljuslykta är ett steg ifrån det som är belysningens huvudsyfte, att lysa upp för att ge en god överblick, skapa en känsla av trygghet och ge ett fint intryck av den plats den lyser upp.

Projektet har haft en ambition att lyfta etikfrågor. Det har resulterat i kommentar i en artikel i samband med ett upprop kring etik och den smarta staden initierad av en ljusdesigner som är verksam i USA. Artikeln är publicerad i tidningen Ljuskultur<sup>20</sup>.

Projektet har även varit bidragande till en rapport som Senseable Stockholm Lab KTH-MIT<sup>21</sup> arbetar med (inte färdig i skrivande stund). Rapporten inkluderar intervjuer som gjordes i maj 2020 med sex personer som har nyckelpositioner inom sex olika projekt som Stockholms stad driver.

Syftet med intervjuerna var att få en uppfattning om både vilka etiska utmaningar informanterna stött på i sitt arbete med att utveckla staden och hur de har hanterat dessa frågor. Det var även att få en uppfattning om vilket stöd de upplevde att de haft, och vilket de önskat, i sitt arbete med de etiska aspekterna samt i vilken utsträckning och på vilket sätt de involverat intressenter. Exempel på aspekter som diskuterades under intervjuerna var: integritet, tillit, transparens, ansvarsfördelning, social hållbarhet, datahantering (sammanläggning och presentation) och rättvisa (inklusive bias). Därtill lyftes en rad värdekonflikter fram.

- *Tillit kontra integritet*
- *Precision och effektivitet kontra integritet*
- *Säkerhet och risk kontra transparens*

Intervjuerna gav en orientering kring vad informanterna faktiskt såg som potentiella problem. Den typen av *bottom-up* förankring är ett viktigt komplement till den mer teoretiska genomgången av de etiska

---

<sup>19</sup> Mashable, Police used 'smart streetlights' to surveil protesters, just as privacy groups warned

<sup>20</sup> Ljuskultur, Integritet i den smarta staden: <https://ljuskultur.se/artiklar/integritet-i-den-smarta-staden/>

<sup>21</sup> Dr Barbro Fröding, Associate professor, institutionen för filosofi och historia, KTH

utmaningar inom AI och datahantering som diskuteras inom den akademiska litteraturen (det vill säga, ett *top-down* perspektiv).

### **Rekommendation**

Lagen är grundläggande för etik och integritet. Lagen säger vad som ska göras men för att förstå de värdekonflikter som tekniken skapar krävs ett reflexivt förhållningssätt (B. Fröding).

Projektet rekommenderar:

- Att ha en kontinuerlig och strukturerad dialog kring de värdekonflikter som uppstår mellan integritet och effektivitet, integritet och hållbarhet, transparens och säkerhet
- Att få igång ett kritiskt tänkande genom att använda metoder som Value Sensitive Design
- Att vara transparenta med etiska riktlinjer, tillståndsansökningar

## 4. Källförteckning

### 4.1 Notförteckning

1. Ljusstyrning i Stockholms stad. Dnr: T2019-00175
2. Pilotprojekt Tensta: Typmiljöer, material och utvärdering. Dnr: KS 2018/000119
3. Nulägesbeskrivning arbetssätt och processer. Dnr: KS 2018/000119
4. Lösningens beskrivning och arkitektur för radarbaserad närvarosensor. Dnr: KS 2018/000119
5. S:t Erik Rekommendation pilot smart belysning\_20190627.
6. Målarkitektur för IoT och dataplattformar. Dnr: KS 2018/000123.
7. Omvärldsanalys. Dnr: KS 2018/000119
8. Sammanställning av lösningar och koncept som inte tagits vidare i pilotinförandet. Dnr: KS 2018/000119
9. CityLab Daily: The Streetlights Are Watching  
*<https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2020-08-06/citylab-daily-smart-streetlights-spark-surveillance-fight>*
10. Strategi för Stockholm som smart och uppkopplad stad. Dnr: 171-908/2016
11. Lärdomar från PoC central låsplattform - Smarta lås i Stockholms stad (KS 2018/000121)
12. Stockholms stad, Innovation. *<https://start.stockholm/om-stockholms-stad/sa-arbetar-staden/innovation/>*
13. PM om tester på ”Styckis”. Dnr: KS 2018/000119
14. Anskaffningsstrategi, Smart och uppkopplad belysning, 2018. Dnr: KS 2018/000119
15. Dataportalen. *<https://dataportalen.stockholm.se/dataportalen/>*
16. Målarkitektur för IoT och dataplattformar. Dnr: KS 2018/000123
17. Anvisningar för datakommunikation för IoT, projekt Tekniska förutsättningar. Dnr: KS 2018/000123.
18. The Guardian, Hong Kong: anti-surveillance protesters tear down 'smart' lamp-post – video. *<https://www.theguardian.com/world/video/2019/aug/26/hong-kong-anti-surveillance-protesters-tear-down-smart-lamp-post-video>*
19. Mashable, Police used ‘smart streetlights’ to surveil protesters, just as privacy groups warned *<https://mashable.com/article/police-surveil-black-lives-matter-protesters-smart-streetlights/?europa=true>*
20. Ljuskultur, Integritet i den smarta staden. *<https://ljuskultur.se/artiklar/integritet-i-den-smarta-staden/>*
21. Dr Barbro Fröding, Associate professor, institutionen för filosofi och historia, KTH

## 4.2 Övriga projektrapporter

Lösningsbeskrivning Smart belysning, version 2.0. Dnr: KS 2018/000119

Marknadsanalys armaturer. Dnr: KS 2018/000119

Marknadsanalys BC och elnät. Dnr: KS 2018/000119

Marknadsanalys styrsystem. Dnr: KS 2018/000119

Nulägesbeskrivning trygghet och invånarupplevelse. Dnr: KS 2018/000119

Projektdirektiv. Dnr: 901-119/2018

Projektplan. Dnr: KS 2018/000119

Tjänsteutlåtande genomförandebeslut. Dnr: T2019-00175

## 5. Appendix

### Appendix 1: Begreppslista

Denna begreppslista innehåller begrepp som förekommer i detta dokument med tillhörande definitioner som de används i dokumentet.

Begrepp	Definition
Armatur	Innehåller exempelvis ljuskälla, drivdon, sockel, montagedetaljer, armaturhus samt Sensorer och Styrenhet.
Belysningscentral	Elskåp som förser belysningsanläggningen med el. Kan innehålla säkringar, elmätare, Sensorer och Styrenhet.
Edge	Enligt Smart stad programmets målarkitektur: Ett engelskt uttryck för ytterkant, vilket här avser de platser i Staden (inom- och utomhus) där data kan samlas in och hanteras utanför stadens centrala plattformar.
Enhet, edgeenhet, IoT-enheter	En fysisk sak eller ting som kan kommunicera med Systemstödet genom att skicka eller ta emot data, exempelvis Sensor eller Styrenhet.
API-gateway	En komponent i stadens integrationsplattform som används för att virtualisera tjänster mellan olika it-system.
Gateway	Kan förbehandla information från eller till Enheter när dessa kommunicerar med IoT-plattformar eller verksamhetssystem.
Styrenhet	Sköter kommunikation med Enheter, motsvarande en dators nätverkskort. Innehåller viss intelligens för att kunna fungera vid kommunikationsavbrott, exempelvis tillhandahålla styrschema.
Sensor	Ett samlingsbegrepp på en fysisk sak som insamlar, konverterar och distribuerar någon form av signal, stimuli eller data från omvärlden.
Systemstödet	Kort benämning för Systemstöd för styrning av belysning som upphandlats av projektet.

## Appendix 2: Kommunikationsteknologier

Tabellen beskriver de alternativ för datakommunikation som projektet undersökt.

Kommunikations- teknologi	Beskrivning
Fiberanslutning och TP nätverkskabel	<p>Fiberanslutning är en befintlig datakommunikationsteknik inom Stockholms stad som levereras via AB Stokab, antingen som en punkt-till-punkt förbindelse eller tillsammans med en anslutning till stadens nätverk. IoT-enheter kan anslutas till stadens nätverk via TP nätverkskabel eller fiberkabel.</p> <p>Fiberanslutning diskuterades som möjlig anslutningsmetod inom projektet. Framst för fast monterade enheter i närheten av en avlämningspunkt för fiber eller för stadens nätverk. Anslutningstyperna kan leverera hög bandbredd och kan ge garanterade kvalitetsnivåer.</p> <p>Ett förslag som specifikt diskuterades var att kunna ansluta en av enheterna i en kommunikationskedja med fiber eller nätverkskabel. Därefter kan resten av enheterna koppla upp sig med exempelvis radiobaserad teknik till den fiberanslutna enheten. Ett konkret exempel på detta var belysnings-skåp som kan utrustas med fiberanslutning. Skåpet kan därefter fungera som uppsamlingspunkt för datakommunikation i ett geografiskt närområde.</p> <p>Att ansluta varje lyktstolpe till fiber är inte ett alternativ då mängden stolpar är stor och att gräva kabel till varje stolpe är inte kostnadseffektivt. Dessutom är inte, för belysning, behovet för de enheterna som finns i varje lyktstolpe så stort när det gäller mängd data och frekvens att fiber är nödvändigt.</p>
Wi-Fi	<p>Wi-Fi kan levereras av S:t Erik Kommunikation, även i utomhusmiljöer, i områden där S:t Erik Kommunikation har en avlämningspunkt inom räckvidd. Teknologin diskuterades inom projektet som en befintlig redan tillgänglig kommunikationsteknologi.</p> <p>Wi-Fi blev dock inte aktuellt inom projektet eftersom de tekniska lösningar som användes inte ställde krav som matchar mot Wi-Fi som kommunikationsteknik. S:t Erik Kommunikation flaggade också för att Wi-Fi i utomhusmiljö löper relativt stor risk att utsättas för störningar från omgivningen och att sådana störningar kan vara svåra att hantera.</p>
LoRaWAN	<p>S:t Erik Kommunikations bedömning av LoRaWAN var vid tillfället att LoRaWAN inte möter kravställningarna i Stockholms stads strategi för en Smart och uppkopplad stad. Den mycket låga bandbredden hos LoRaWAN ansågs bland annat inte kunna möta behov kopplade till storskaliga mjukvaruuppggraderingar. Sådana</p>

	<p>mjukvaruuppgraderingar skulle därmed behöva hanteras som avsteg från strategin via alternativa processer för mjukvaruhantering.</p> <p>LoRaWAN ansågs inte heller kunna möta behoven i projektet kopplat till pålitlig realtidsstyrning.</p>
Meshbaserad radioteknologi	<p>Meshbaserad radiokommunikation ansågs redan tidigt i projektet passa väldigt väl mot typmiljöernas uppkopplingsbehov.</p> <p>Meshbaserad teknologi skulle kunna erbjuda lokala realtidsöverföringar, tillräcklig bandbredd, fullgod tillgänglighet och låga svarstider.</p> <p>S:t Erik Kommunikation konstaterade dock att teknologin i nuläget inte har uppnått en tillräcklig mognadsgrad. Wi-SUN och andra Meshbaserade teknologier är svåra att tillhandahålla med en öppenhet som möjliggör stadens många verksamheter att dela på en gemensam infrastruktur som tillhandahålls av S:t Erik Kommunikation. Meshbaserad kommunikation kunde endast tillhandahållas via proprietära helhetslösningar eller tjänstebaserade lösningar från externa leverantörer.</p> <p>Meshbaserad teknologi valdes därför bort som huvudsaklig uppkopplingsteknologi inom belysningsprojektet.</p>
Cellulära uppkopplingsmetoder	<p>Mobila bredbandsuppkopplingar, 2G/4G, fanns i form av SIM-kort med dataabonnemang genom avrop från stadens telefoniavtal, eller i form av datakommunikationsutrustning från S:t Erik Kommunikation. När projektet började undersöka kommunikationsteknik för typmiljöerna kunde Telia börja erbjuda NB-IoT och LTE-M som uppkopplingsmetoder via stadens telefoniavtal.</p> <p>För cellulär uppkoppling behöver inte egna kommunikationsgateways sättas upp då varje enhet ansluter direkt till mobiloperatörens radionät. Genom att nyttja APN-teknik kan uppkopplade enheter hållas isolerade i operatörsnätet och enheternas kommunikation kan styras till stadens nätverk.</p> <p>En utmaning med tekniken är behovet av att ha fysiska SIM-kort i enheterna. Detta skapar en inlåsnings effekt till leverantören. Om staden byter leverantör måste det fysiska SIM-kortet bytas ut i enheterna. Beroende på mängden och placeringen av SIM-korten kan det vara ett resurskrävande arbete. Det finns alternativ till fysiska SIM-kort, eSIM kort, där leverantörens SIM tillhandahålls i elektroniskt format. eSIM ingick inte i piloten.</p>
Bluetooth	<p>Bluetooth diskuterades inte ur perspektivet att fjärrstyra eller samla in data från armaturer till centrala system. Däremot finns alternativ där armaturer kan styras lokalt via Bluetooth, upp till ett avstånd på 50 meter. Lokalgatan Hagstråket är utrustat med armaturer med RGBW. Dessa har Bluetooth installerat. Styrningen av belysningen kan göras i närheten av armaturen.</p>

### Appendix 3: Projektets arbetsprocess för informationssäkerhet

