

LJUS & MÖRKER I FALKENBERG

Ett kunskapsunderlag om det artificiella ljusets effekter på djur, växter och människor
- för Falkenbergs pastorat



Januari 2023
Slutversion

EKOLOGI
GRUPPEN

Innehåll

Sammanfattning	4
1. Inledning, betydelsen av mörker	6
2. Bakgrund	7
Ljusföreningar, ALAN och himlaglim	7
Kyrkor och fladdermöss	8
Det artificiella ljusets påverkan på den biologiska mångfalden	9
3. Vad säger lagen?	14
4. Planera för mörker	19
5. Trygghet och mörker	22
6. Belysning för minskad ekologisk påverkan	24
Värna mörkret i första hand	24
skydda fladdermöss	25
Belys där det behövs	27
Belys när det behövs	28
Begränsa ljusstyrkan	29
Gör genomtänka val	31
Informera	32
Referenser och lästips	33

**EKOLOGI
GRUPPEN**

Beställning: Falkenbergs kommun
Framställt av: Ekologigruppen AB
www.ekologigruppen.se
Telefon: 08-525 201 00
Slutversion: 2023-01-24
Uppdragsansvarig: Emma Holmberg, Ulrika Hamrén
Medverkande: Johan Eklöf, Nattbakka natur.
Illustrationer och kartor: Ekologigruppen AB
Internt projektnummer: 9808
Bild på framsidan: Jens Rydell

SAMMANFATTNING

SYFTE

Ekologigruppen har på uppdrag av Falkenbergs kommun och Falkenbergs pastorat tagit fram detta kunskapsunderlag gällande ljusföreningars påverkan på den biologiska mångfalden, med rekommendationer om hur pastoratet bör arbeta för att minimera denna påverkan utifrån relevant forskning och lagstiftning. Inom ramen för uppdraget har ett seminarium och två workshops genomförts med representanter från kommunen och Falkenbergs pastorat. I samband med workshops har tankar och synpunkter från deltagarna noterats och bearbetats in i detta kunskapsunderlag. Syftet med uppdraget har varit att genomföra en kompetensutvecklingsinsats och att kunskapsunderlag ska kunna fungera som beslutsstöd i fortsatt arbete.

BAKGRUND

Ljusföreningar & himlaglim

Med ljusföreningar menas det artificiella ljus som människan har skapat och som ändrar de naturliga mönstren av ljus och mörker i ekosystemen (Helldin & Jägerbrand 2020). Artificiellt ljus som lyser starkare på natten än månens ljus (0,3 lux) maskerar den naturliga ljus- och mörkercykeln, med påverkan på bland annat djurs dygnsrytm, födo-intag, predation, migrationsmönster och parning. Det handlar om ljus som lyser upp mer än vad som var tänkt och sprider ett diffust sken - ett så kallat himlaglim - över våra städer och tätorter. Användningen av artificiella belysning ökar med två till sex procent varje år, vilket innebär att den belysta ytan på jorden beräknas ha fördubblats inom 30 år (Hölker et al. 2010a, Kyba et al. 2017). Eskalerande ljusföreningar bedöms därmed bidra till den globala uppvärmningen och utgöra ett reellt hot mot den biologiska mångfalden.

Ljusföreningars påverkan på den biologiska mångfalden

Ljusföreningar påverkar djur, inklusive människan, och växter på flera sätt. Genom att förlänga det naturliga dagsljuset med artificiell belysning påverkas flera av våra och andra organismers dygns- och årsrytm - och med det fysiologiska processer och hormoncykler som styrs av ljuset. För nattaktiva arter, såsom de flesta däggdjur, groddjur och många insekter, kan förlusten av den naturligt mörka natten innebära en ökad risk för att bli uppäten, att svälta eller att lockas till farliga miljöer såsom upplysta bilvägar. Ökad belysning innebär på så sätt även en förlust av livsmiljöer för dessa arter, förutom den direkta störningen.

När dygnsrytmen störs rubbas även de fysiologiska processer som synkroniserar med ljus och mörker, styrt av hormonet melatonin som bland annat påverkar vår och många andra djurs sömn, metabolism, reproduktion och tillväxt. Himlaglim kan även maskera månljusets naturliga rytm som flera arter har anpassat bland annat sin reproduktion efter.

På lång sikt kan det artificiella ljusets påverkan på dygnsrytm och mönster av aktivitet och vila hos flera växt- och djurarter resultera i en mismatch mellan värdväxter, rovdjur och bytesdjur med inverkan på bland annat pollineringsframgång, interaktioner mellan värd och parasit och så småningom hela näringsnät (Owens et al. 2020). I rapporten finns flera exempel på hur den artificiella belysningen påverkar bland annat fåglar, fladdermöss, insekter, groddjur, fiskar och djurplankton.

Äldre kulturbyggnader såsom kyrkor är nästan alltid bebodda av fladdermöss. I takt med att fler och fler kyrkofasader har ökat, utsätts fladdermössens boplatser i form av kyrktorn och vindar allt oftare för belysning - vilket har visat sig ha förödande konsekvenser inte minst för fladdermusarten brunlångöra.

LAGSTIFTNING

Än så länge finns det ingen särskild lagstiftning i Sverige som reglerar störningar från artificiell belysning. Belysning inom den fysiska planeringen i Sverige regleras istället

främst genom plan- och bygglagen (2010:900), medan frågor rörande belysningens påverkan på naturmiljön å sin sida främst regleras genom miljöbalken, (1998:808). Vid sidan om miljöbalken finns även artskyddsförordningen (2007:845) vilken innehåller bestämmelser rörande påverkan på fridlysta arter, bland annat fladdermöss som är beroende av mörker. Alla fladdermöss är fridlysta enligt artskyddsförordningens fjärde paragraf, vilket innebär att inga fladdermöss, oavsett art och antal, får fångas eller dödas. Inte heller får fortplantnings- och viloplats störas, vilket innebär att det är förbjudet att skada eller förstöra områden som fladdermöss använder som vintervisten eller behöver för att föda upp sina ungar. Med störning menas en ”direkt eller indirekt inverkan som har betydelse för artens bevarandestatus, åtminstone lokalt. Störningen kan ske i form av till exempel ljud eller ljus och den behöver inte fysiskt påverka arten” (Naturvårdsverket 2009). Sverige har även genom att signera EUROBATS-avtalet förbundit sig att skydda alla arter som förekommer i Europa (BatLife Sweden 2022).

I rapporten redovisas en sammanställning av relevanta bestämmelser i svensk lagstiftning som reglerar ljusföreningars påverkan på naturmiljön.

PLANERA FÖR MÖRKER

För att minimera det artificiella ljusets negativa effekter på den biologiska mångfalden är det först och främst viktigt att säkerställa så att större sammanhängande mörka naturområden kan bevaras och utvecklas. Genom att zooma ut och betrakta kyrkogårdar och andra utemiljöer i sitt landskapsammanhang, och införskaffa kunskap om naturvärden och olika arters behov av bevarade mörka miljöer, ges större utrymme att anpassa ett projekt så att mörka livsmiljöer kan bevaras. Ju längre fram i en planeringsprocess man kommer, desto snävare blir ofta förändringsutrymmet.

TRYGGHET OCH MÖRKER

Utomhusbelysning är ett viktigt verktyg för att skapa trygghet, men är långt ifrån det enda som krävs för att en kyrkogård ska upplevas som trygg. Närvaro av andra människor har visat sig vara den viktigaste faktorn för upplevelsen av trygghet. Andra viktiga frågor att beakta vid planering av utemiljöer är orienterbarhet, skötsel och underhåll. Vilka typer av trygghetsskapande åtgärder som är mest lämpade för olika utemiljöer beror på var i landskapet vi befinner oss och vilka problem med otrygghet som råder på just den platsen. God planering av själva belysningskällan är också viktig att beakta. Att endast addera mer elektriskt ljus kan resultera i motsatt effekt än vad som var syftet, då intensivt och felriktat ljus kan orsaka starka kontraster som bländar och därmed försämrar vår möjlighet att se, vilket i sin tur kan öka upplevelsen av otrygghet.

BELYSNING FÖR MINSKAD EKOLOGISK PÅVERKAN

När vi planerar för belysning av en utemiljö, exempelvis en kyrkogård, finns det flera saker att tänka på för att göra så lite skada på naturmiljön som möjligt. Idag finns teknik för såväl tidsstyrning som för riktning, avskärmning, ljusvåglängd och färgtemperatur. Sammanfattningsvis bör belysning för minskad ekologisk påverkan utformas så att:

- bevara befintliga mörka naturmiljöer, gamla träd och korridorer mellan dessa i första hand,
- belysning endast sker på platser där det verkligen behövs och skärmas av för att inte spridas utanför behovsområdet, samt sker under den tid på året och dygnet då det ger störst nytta och inte kommer i konflikt med skydd av fladdermöss,
- ljusstyrkan hålls så låg som möjligt och höjs endast när människor vistas på platsen, vilket kan ske med hjälp av närvarostyrning och dimring,
- ljuskällan utgörs av lampor med långa våglängder och ett varmare ljus för att minska påverkan, helst i kombination med ovan nämnda anpassningar.

Rapporten innehåller en fördjupning av ovan nämnda rekommendationer gällande belysning för minskad negativ påverkan på så väl människan som övriga djur och natur.

*Inledande ord av
Johan Eklöf,
fladdermusexpert och
författare till boken
Mörkermanifestet:
om artificiellt ljus och
hotet mot en uråldrig
rytm.*

1. INLEDNING, BETYDELSEN AV MÖRKER

Natten är dagens mor, ...mörker var över djupet, ...varde ljus. Vare sig man läser forn-nordiska skrifter, bibeln eller andra skapelseberättelser från världens hörn, är ljuset och mörkret alltings ursprung. Ända sedan jordens tillblivelse har dag följts av natt och natt av dag och livets 3 miljarder år långa historia har följt dygnets rytm. Varje cell i varje levande organism har en inre klocka för att styra parning, migration, jaktbeteende och sömncykler och gryningens återkommande ljus eller månens olika faser kalibrerar tiden.

Vi människor är utpräglade dagdjur, medfött mörkrädda och i skymningsljuset går vi ner i viloläge. Vårt sömnhormon, melatonin, byggs upp och talar om för kroppen att sänka temperaturen och att förbereda sig på att vara utan mat tills ljuset återvänder, hjärnan börjar städa upp dagens intryck och immunförsvaret stärks. Andra djur och växter kommer istället till liv när solen går ner. Insekter flyger i kvällsljuset, fladdermössen ger sig ut på jakt och i sjö och hav vandrar djurplankton mot ytvattnen. Men oavsett ekologisk nisch är allt levande utvecklat i en förutsägbar dygnsrytm. Ända tills idag, då vi människor skjuter på skymningen, tidigarelägger gryningen och belyser natten som vore den dag. Naturens inre klockor börjar så sakta gå fel.

Vi kallar det för ljusföreningar, ljuset som spiller ut i naturen från våra dörrlampor, gatlyktor, strålkastare och reklampelare, ljuset som stör den naturliga rytmen eller beteenden hos djur och växter. Redan på 1800-talet beklagade sig engelska astronomer över att gaslyktorna i London störde deras nattsyn och möjligheterna till stjärnskådning. Men det var bara början. Sedan LED-lampans intåg på belysningsmarknaden har mängden ljus ökat stadigt i både antal lampor och ljusstyrka. Det finns idag knappt en vrå där vi kan uppleva en helt mörk natthimmel, endast en femtedel av alla européer kan fortfarande se vintergatan till vardags.



Figur 1. Jorden blir mer och mer artificiellt upplyst på natten.
Bild: Light pollution map som visar delar av Europa, nordafrika och Asien.
www.lightpollutionmap.info

Sedan några år tillbaka har allt fler forskare börjat intressera sig för hur ljuset påverkar fysiologi och ekologi. Vi har börjat uppmärksamma de konsekvenser som ett uteblivet mörker innebär i form av utdöende skymnings- och nattdjur, växter som inte pollineras, som knoppar för tidigt och faller löv för sent och migrerande djur som inte hittar vägen när stjärnhimlen inte längre syns. Tillsammans med buller, miljögifter, global uppvärmning, avskogning och andra människoskapade problem måste vi nu också hantera det tilltagande ljuset. Ämnesområdet ljusföreningar är ännu ett ungt forskningsfält men växer snabbt. Ju mer vi studerar effekterna av en utebliven natt, desto fler exempel på drabbade djur och växter hittar vi. Det är hög tid att dra i handbromsen.

2. BAKGRUND

SYFTE MED UPPDRAGET

Ekologigruppen har på uppdrag av Falkenbergs kommun tagit fram detta kunskapsunderlag gällande ljusföreningars påverkan på den biologiska mångfalden, med rekommendationer om hur kommunen bör arbeta för att minimera denna påverkan utifrån relevant forskning och lagstiftning. Inom ramen för uppdraget har ett seminarium och två workshops genomförts med representanter från kommunen och Falkenbergs pastorat. I samband med workshops har tankar och synpunkter från deltagarna noterats och bearbetats in i detta kunskapsunderlag. Syftet med uppdraget har varit att genomföra en kompetensutvecklingsinsats och att kunskapsunderlag ska kunna fungera som beslutsstöd i fortsatt arbete.

LJUSFÖRENINGAR, ALAN OCH HIMLAGLIM

Med ljusföreningar menas det artificiella ljus som människan har skapat och som ändrar de naturliga mönstren av ljus och mörker i ekosystemen (Helldin & Jägerbrand 2020). I den engelskspråkiga världen använder man ofta begreppet ALAN (Artificial Light At Night). ALAN starkare än månens ljus (0,3 lux) maskerar den naturliga ljus- och mörkercykeln, med påverkan på bland annat dygnsrytmer, födointag, predation, migrationsmönster och parning. Det handlar om ljus från gatlyktor, strålkastare, fasadbelysning och reklamskyltar som lyser upp mer än vad som var tänkt och sprider ett diffust sken - ett så kallat himlaglim - över våra städer och tätorter. Särskilt tydligt blir himlaglimet under molniga nätter, då himlen kan färgas grågul till följd av reflektion av det artificiella ljuset i molnens vattenpartiklar. Ljusstyrkan från himlaglim har i Berlin uppmätts till cirka 1 lux, det vill säga tre gånger starkare än fullmånens naturliga ljus (Kyba & Hölker 2013, Falchi et al. 2016). Naturligt mörker, där vintergatan gör sig synlig, blir alltmer sällsynt.



Figur 2. Himlaglim är svagt jämfört med direkta ljuskällor men bidrar ändå nattetid till att lysa upp stora naturområden och gör det svårt att se stjärnhimlen i städerna.
Foto: Jens Rydell.

ETT SKENANDE SLÖSERI MED ENERGI

Den artificiella belysningen utgör en tiondel av världens samlade energianvändning, och endast en minoritet av ljuset når dit vi har tänkt, resten sprids ut i omgivningen eller spills ut på himlen (Eklöf 2020). Belysning som är tänkt att lysa upp exempelvis en väg har beräknats sprida ljus i styrkan 5 lux vid marknivå några meter från vägbanan och cirka 1 lux tio meter bort (Jägerbrand 2018). Och användningen ökar, både rumsligt och under en större del av dygnets alla timmar. ALAN stiger med två till sex procent varje år till följd av billig LED-teknik, populationstillväxt och ökande urbaniseringsprocesser, vilket innebär att den belysta ytan på jorden beräknas ha fördubblats inom 30 år (Hölker et al. 2010a, Kyba et al. 2017). Eskalerande ljusföreningar bedöms därmed bidra till den globala uppvärmningen och utgöra ett reellt hot mot den biologiska mångfalden (Hölker et al. 2010a; Kyba et al. 2017). Om vi inte ändrar kurs, det vill säga.

KYRKOR OCH FLADDERMÖSS

Äldre kulturbyggnader såsom kyrkor är nästan alltid bebodda av fladdermöss, ibland av flera olika arter (Rydell & Wredin 2021). De kan finnas i olika typer av byggnader, allt från privathus till ladugårdar, slott och kyrkor, och de kan vistas på tak, vindar, i torn, källarvalv eller i springor i fasaden, allt beroende på art och årstid (ibid).

Den absolut vanligaste fladdermusarten i svenska kyrkor är brunlångöra (Plecotus auritus). Brunlångöra bor på kyrkovindar och i torn sommartid, där det är varmt, finns gott om flugor och bra skydd för att bilda kolonier med ungar. På vintern flyttar de sedan över till svala utrymmen i väggar och källare för vintervila i samma kyrka (Rydell & Wredin 2021).

Att kyrkor och kyrkogårdar tycks vara särskilt betydelsefulla för fladdermöss beror troligtvis på den långa kontinuitet av kultur- och naturmiljöer som dessa platser innebär. Här finns de gamla kyrkorna med vältempererade vinds- och källarutrymmen för kolonibildning och övervintring, liksom gamla lövträd och brynmiljöer som gör kyrkogårdarna till ett skafferier med insekter.

För trettio år sedan påbörjades dock en stor förändring i dessa annars så perfekta fladdermusmiljöer. På 1990-talet inleddes den belysningstrend som vi idag närmast tar för given - att kyrkornas fasader lysas upp med strålkastare för att fungera som målpunkter i annars relativt mörka landsbygdsområden. Denna plötsliga och eskalerande belysning av kyrktorn, långhus och absider innebär att fladdermössens fristad på de tidigare mörka vindarna hotas (Eklöf 2020).

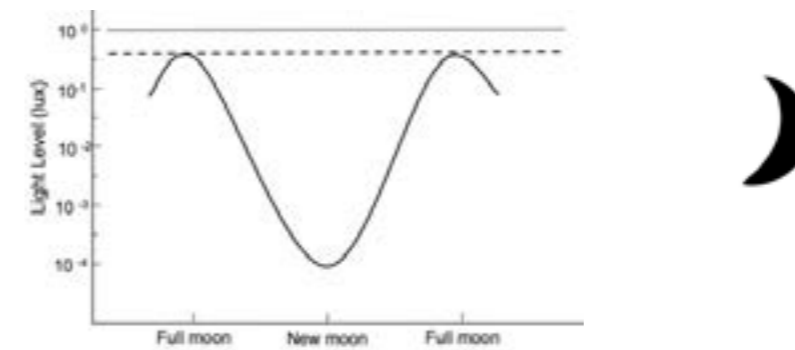
Inte sällan belyses också kyrkofasader med kraftiga lampor som är riktade snett uppåt, vilket innebär att mycket av ljuset kommer att spridas ut till himlen och bidra till himlaglim istället för att lysa på byggnaden (Rydell & Wredin 2021).



Figur 3. Brunlångöra, kyrkornas "egen" fladdermus, är den vanligaste arten att träffa på i svenska kyrkor. Foto: Jens Rydell.

DET ARTIFICIELLA LJUSETS PÅVERKAN PÅ DEN BIOLOGISKA MÅNGFALDEN

Stora delar av jordens djurarter är nattaktiva. Ungefär en tredjedel av alla ryggradsdjur, två tredjedelar av alla ryggradslösa djur och hälften av alla insekter är beroende av mörker eller mycket svagt ljus för sin överlevnad. Upplysta nätter innebär för dessa arter en ökad risk för att bli uppäten, att svälta eller att lockas till farliga miljöer såsom upplysta bilvägar. När dygnsrytmen störs rubbas även de fysiologiska processer som synkroniserar med ljus och mörker, styrt av hormonet melatonin som bland annat påverkar vår och många andra djurs sömn, metabolism, reproduktion och tillväxt. Även mänskenets naturliga rytm, som många djur och växter är anpassade till, kan maskeras av ljusföroreningar som resulterar i himlaglim (figur 4).



Figur 4. Himlaglim kan maskera månens naturliga rytm som flera arter har anpassat bland annat sin reproduktion efter. Den heldragna linjen visar månens ljusnivåer i en tempererad miljö utan ljusföroreningar. De streckade linjerna visar ljusnivåerna vid himlaglim under en klar respektive molnig himmel. Molniga himlar ger högst himlaglim. Figur från Perkin et al. 2011.

På lång sikt kan artificiellt ljus förändra dygnsrytmen och mönster av aktivitet och vila hos flera växt- och djurarter, vilket kan resultera i en mismatch mellan värdväxter, rov- och bytesdjur med inverkan på bland annat pollineringsframgång, interaktioner mellan värd och parasit och så småningom hela näringsnät (Owens et al. 2020). Vad gäller pollinering så visar forskning redan idag att frekvensen är avsevärt lägre i belysta växtsamhällen jämfört med naturligt mörka (Macgregor et al. 2016, Knop et al. 2017).

Nedan följer några exempel på artgrupper som har visat sig påverkas negativt av uteblivet mörker till följd av artificiell belysning. Observera samtidigt att forskningsfältet är relativt nytt, och ju mer man letar, desto fler arter ser ut att påverkas.

PÅVERKAN PÅ INSEKTER

En av de tydligaste effekterna det artificiella ljuset har på den biologiska mångfalden är dess dragningskraft på insekter. Nattens insekter navigerar bland annat efter mån- och stjärnljus. Artificiellt ljus i form av lampor i insekternas väg lurar dem att styra efter detta ljus, vilket för dem i en spiral närmare och närmare ljuskällan. Och där blir de oftast kvar tills lampan släcks eller tills de dör, av utmattning, av lampornas värme eller som offer för rovdjur - innan de har hunnit reproducera sig eller pollinera några växter.

Fenomenet brukar kallas för "dammsugareffekten", eftersom belysningen på sådant sätt "dammsuger" landskapet på insekter - från gårdsbelysning som på en liten skala suger upp trädgårdens insekter, till den större skalan där insekter från mörka ytterområden suges in mot upplysta stadscentrum, och därmed påverkar hela ekosystem. Ljusföroreningarnas effekt på insekter har visat sig vara en delförklaring till den utbredda insektsdöd vi har sett de senaste decennierna (Owens et al. 2020).

Både direkt ljus från till exempel en gatulykta och indirekt ljus från himlaglim kan påverka insekternas beteende och fysiologi (Owens et al. 2020). Det sker dels genom att, som nämnt ovan, många insekter dras till ljuskällan och fastnar där. Dels genom att him-



laglim från ljusföroreningar gör att nattens naturliga källor till ljus skymms, vilket medför att till exempel dyngbaggar inte lyckas navigera (Dacke et al. 2021) och vissa arter av eldflugor får svårt att hitta sin självlysande partner och reproducera sig (Lewis 2022).

LED-lampor som producerar blått ljus har visat sig ha störst påverkan på insekter. En ny studie från Storbritannien (Boyes et al. 2021) visar på att förekomsten av nattfjärilsarver är 52 procent lägre i LED-upplysta miljöer med häckar och buskar jämfört med områden utan belysning. Förutom att nattfjärilar är viktiga pollinatörer är de, liksom alla insekter, dessutom en viktig födokälla för fladdermöss, fåglar och andra djur.

PÅVERKAN PÅ FLADDERMÖSS

Fladdermöss har levt på den här jorden i mer än 50 miljoner år, och de har gjort det i mörker. Sedan dinosauriernas tid har fladdermössen undvikit ljus, och därmed rovdjur, i så stor utsträckning som möjligt. De är urtidsdjur anpassade för ett liv i mörker. Artificiellt ljus hotar detta mörker, vilket i sin tur innebär ett hot mot fladdermössens fortlevnad (Rydell & Speakman 1995). Belysning har visat sig påverka fladdermöss på olika sätt, men ett samband är tydligt: ju starkare ljus, desto större påverkan. Och eftersom alla Sveriges fladdermöss är insektsätare påverkas samtidigt alla fladdermöss långsiktigt och indirekt av ljusets dragningskraft på insekter, som alltså visat sig vara en viktig orsak bakom den stora insektsdöden (Owens et al. 2020).

Alla fladdermöss är mörkerlevande, men hur mycket de vågar utsätta sig för ljus skiljer sig åt. Studier har visat att de flesta arter av fladdermöss reagerar på belysning med 2 lux eller mer (Lacoeuilhe et al. 2014), men vissa arter utsätter sig aldrig för belysning starkare än månens sken (0,3 lux). Medan vissa av våra nordliga släkter är opportunistiska och drar fördel av ljusets dragningskraft på insekter (såsom *Nyctalus*, *Vespertilio*, *Eptesicus* och *Pipistrellus*), vågar andra släkter (*Barbastrella*, *Plecotus* och *Myotis*) nästan aldrig ge sig ut om det ljuset (Eklöf & Rydell 2021; Voigt et al. 2018). Och även de mest ljusstoleranta fladdermusarterna vill ha det helt mörkt vid sina boplatser (Downs et al. 2003) och vattenförekomster (Russo et al. 2017).

Boplatser särskilt viktiga

Eftersom tillgången till håligheter i fladdermössens naturliga boplatser i gamla träd och andra utrymmen, generellt har minskat kraftigt, bosätter sig ofta fladdermöss i väggar, under tak och på vindar i hus. Fram tills några årtionden tillbaka var samspelet mellan människor och fladdermöss i dessa miljöer relativt god. Men i takt med att estetisk belysning av privata hem och trädgårdar, historiska byggnader, kyrkor, broar och industrifasader har ökat, utsätts fladdermössens boplatser allt oftare för belysning. En tydlig effekt av detta har visat sig vara försenad utflygning, vilket minskar tiden för fladdermössen att hitta tillräckligt med mat (Eklöf & Rydell 2021). Belysta boplatser kan också innebära att fladdermössen tvingas överge sin bostad, men också att de har svälter ihjäl i väntan på en natt som aldrig kommer (Boldogh et al. 2007, Zeale et al. 2016).

Effekterna av belysta boplatser är störst där fladdermössen bildar yngelkolonier. Om platsen är upplyst minskar möjligheten för fladdermushonorna att säkerställa tillräckligt med föda, samtidigt som risken för att ungarna dödas av rovfåglar ökar (Downs et al. 2003). En svensk studie (Rydell et al. 2017) har visat att effekterna av belysta koloniplatser kan slå hårt mot hela populationer. Arten brunlångöra, som ofta bor på kyrkvindar, har gått från att vara en av Sveriges vanligaste fladdermusarter, till att år 2020 hamna på den nationella rödlistan som nära hotad (NT). Brunlångöra är en av många fladdermusarter som är trogna sina boplatser. Har de fötts i en kyrka överger de den inte, de bor där året runt i hela sitt liv och kolonin kan ha funnits på samma plats under många generationer och århundranden. I studien jämfördes antalet kolonier av brunlångöra bosatta i kyrkor i Skara stift från 1980-talet (Rydell 1987) med antalet återfunna år 2016. Det visade sig att nästan hälften av kolonierna hade försvunnit. Att det var ljuset som var orsaken var tydligt, eftersom kolonier endast fanns kvar i de kyrkor som ännu inte hade fått fasadbelysning eller lyst upp inomhus på natten (Rydell et al. 2017).



Gatubelysning blir barriärer i landskapet

Utöver de katastrofala effekter belysning kan ha på fladdermössens bo- och koloniplatser kan belysning längs vägar och vattendrag fungera som barriärer i landskapet, vilket kan minska det genetiska utbytet mellan populationer (Claireau 2018). Om vattendrag utsätts för belysning kan detta i sin tur medföra att ljuskänsliga fladdermöss som har specialiserat sig på att jaga över vatten påverkas negativt (Jones & Rydell 1994, Kuijper et al. 2008). Broar kan också fungera som boplatser för vattenfladdermöss, varför upplysta brovalv är särskilt skadliga (Eklöf & Rydell 2020).

Övervintringsplatser

Fladdermöss övervintrar ofta i gruvor, jordkällare och andra underjordiska håligheter. Effekten av belysning vid dessa övervintringsplatser är fortfarande relativt ostuderad men det finns observationer som tyder på att fladdermöss inte vill flyga ut på våren om utgången är belyst samt att de flyttar från underjordiska platser där lampor har satts upp (Zeale et al. 2016). I mindre övervintringsplatser, som till exempel jordkällare, verkar det dock som om fladdermössen accepterar tillfälligt ljus i samband med kortare besök (Eklöf & Rydell 2021).

PÅVERKAN PÅ FÅGLAR

Precis som insekterna använder många flyttfåglar stjärnor för att hitta vägen och riskerar därför att bli desorienterade till följd av artificiell belysning och himlaglim. Fåglar som migrerar på natten är särskilt mottagliga för artificiellt ljus på grund av anpassningar och krav på att navigera och orientera sig i mörker (van Doren et al. 2017). Fåglar har, liksom insekter, en positiv fototaxis, det vill säga de dras till ljus, vilket kan påverka deras flygbeende och leda till kollisioner (Jägerbrand 2018). Det artificiella ljuset har visat sig dra flyttfåglar, som normalt migrerar på flera tusen meters höjd, in mot stadscentrum. Att fåglar tar miste och flyger in i stora, reflekterande skyskrapor har lett till extremt hög dödlighet hos olika fågelpopulationer i delar av världen (Erickson et al. 2005).

Artificiell belysning har även visat sig påverka fåglarnas dygns- och årscykel. Ljuset är en viktig faktor i fåglars cirkadianska klocka, vilket inte minst synliggörs i en studie som fastslagit att fåglars morgonsång påverkas av artificiellt ljus - de börjar sjunga tidigare och ibland längre under kvällen när de utsätts för gatubelysning (Da Silva et al. 2014). Artificiellt ljus har även visat sig påverka vilken tid på säsongen som fågelungar kläcks (Spoelstra & Visser 2013). Fåglar kan alltså utnyttja stadernas nattbelysning för att både äta och para sig under en längre tid på dygnet och året, men risk finns för att fågelungar föds i ett för kallt klimat. Samtidigt kan fåglarnas immunförsvar på sikt ta stryk av en rubbad dygnsrytm. Studier har visat att virusinfekterade fåglar är smittobärare under en längre period i ljusförorenade områden jämfört med naturligt mörka (Whyte 2019).

Jämfört med många andra arter så visar forskning att migrerande fågelarter attraheras och desorienteras av rött ljus - medan blått och grönt ljus verkar medföra mindre attraktion och desorientering hos flyttfåglar (Åkesson 2020). Effekterna av olika ljusspektra skiljer sig dock åt mellan olika arter. Talgoxar har exempelvis visat sig bli mer störda nattetid av vitt ljus och mindre av grönt och rött (ibid).



Havssköldpaddor vandrar åt fel håll

Ett annat exempel på ljusföroreningarnas förödande påverkan på olika arter går att se hos havssköldpaddor. Honorna besöker varje år den strand de själv föddes på för att lägga ägg i sanden - när äggen så småningom kläcks, söker de sig i skydd av natten mot ljusstrimman vid horisonten. I över 200 miljoner år har de varit programmerade att röra sig mot den ljusaste punkten, mot havet. Men idag övertrumfar upplysta städer horisontens ljus och sköldpaddungarna vandrar åt fel håll, mot en säker död (Eklöf 2020).

PÅVERKAN PÅ FISK, KORALL, PLANKTON OCH GRODDJUR

Människor har länge känt till och utnyttjat faktumet att fiskar kan attraheras till ljus och därför används sig av lampor för att locka till sig fisk vid nattfiske (Jägerbrand 2018). Ljus har visat sig att bland annat påverka fiskars dygnsrytm, metabolism, födointag och reproduktion, och det sista har utnyttjats i fiskodlingar där artificiellt ljus har använts för att sätta igång fiskars förökning utanför deras naturliga reproduktionstid (Kolkovski & Dabrowski 1998). Eftersom många fiskar endast migrerar i skydd av mörkret kan belysning intill vattendrag störa migrationsmönstret hos fisk och därmed påverka överlevnaden (Hölker et al. 2010). Detta är inte minst känt vad gäller ljusföroreningarnas påverkan på europeisk ål och atlantlax (Franke et al. 2013; Nightingale et al. 2006; Perkin et al. 2011).

Belysning i eller nära akvatiska ekosystem har även visat sig kunna orsaka en förändring i rovdjurförhållanden som kan påverka skyddade arter (Jägerbrand & Tengelin 2020). Påverkan i vatten har också visat sig uppstå vid väldigt låga nivåer av ljus. Bland annat finns studier som visar på att effekter på fiskars beteende och fysiologi kan uppstå vid så låga nivåer som 1 lux. Belysningsstyrkan på alla ljuskällor som når vatten bör därför alltid hållas låg och begränsas med avskärmning (Jägerbrand 2018, Eklöf 2021).

Mindre organismer i vattnet påverkas också av ljusföroreningar, och påverkan uppstår på stora avstånd - artificiellt ljus från 16 kilometers avstånd har visat sig vara starkt nog för att förändra det dagliga rörelsemönstret hos djurplanktonet Daphnia (hoppkräftor) (Moore et al. 2000). Djurplankton rör sig vanligtvis upp till vattenytan när det blir mörkt på kvällen för att födosöka växtplankton, eftersom de på så sätt undviker dagsljuset och därmed risken för att själva bli uppätta. När vattnet utsätts för artificiell belysning stannar hoppkräftorna kvar på djupt vatten, vilket förutom kan leda till svält för djurplanktonet i fråga även kan resultera i högre halter av växtplankton, med sämre vattenkvalitet som följd (Jägerbrand 2018).

Vad gäller groddjur, som generellt har ett nattanpassat mörkerseende, kan artificiell belysning innebära försämrade synförmåga nattetid, vilket i sin tur kan utsätta grodorna för fara. Grodornas mörkerseende är extremt känsligt för ljusintensitet, vilket innebär att groddjur som exponeras för starkt ljus (från exempelvis en bil), mer eller mindre förlorar sin syn och blir blinda i upp till en timme innan mörkerseendet återgår (Schroer & Hölker 2016). Groddjur kan också likt fåglar orientera sig med sin magnetiska kompass, vilken kan störas av ljus med långa, gul-röda våglängder (Diego-Rasilla et al. 2010).

Även koraller påverkas av uteblivet mörker och ändrad dygnsrytm. Forskning visar på att ljusföroreningar längs kusterna har en negativ påverkan på korallers fortplantning (Ayalon et al. 2021). För de undersökta korallerna rubbas reproduktionen när deras biologiska klocka förändras av ljusföroreningar, vilket leder till osynkroniserad och försämrade reproduktionsförmåga. Alltmer bebyggelse och belysning längs med kusterna kan därför utgöra ett ytterligare hot mot världens korallrev.

PÅVERKAN PÅ VÄXTER

Inte bara djur utan även växter påverkas av det artificiella ljuset. Tillsammans med ett varmare klimat kan skenet av lampor lura träd till längre växtperioder med senare lövfällning, vilket kan göra de mindre motståndskraftiga mot vinterns kyla. På kontinenten har botaniker sett hur lövträd bredvid gatlyktor står lövtäckta hela tre veckor längre än sina artfränder som får växa i naturligt ljus (Eklöf 2020). På västkusten kan det artificiella ljuset istället skynda på trädens uppvaknande och knoppsprickningen sker då i förtid (Zachos 2016). Att släppa frön tidigt och få fäste i jorden innan sina konkurrenter kan vara en fördel, men också en nackdel eftersom nyutslagna knoppar är känsliga för frost. Om lampor, tillsammans med ett varmare klimat, lurar växterna att tro att våren är kommen, finns risk för att blomknoppar slår ut för tidigt och fryser bort. Ledtrådar för rätt tidpunkt att fälla löv och slå ut i blom har normalt gått att finna i temperatur, antalet soltimmar och ljusets färgnyanser. Men med den globala uppvärmningen och det artificiella ljuset blir vägledningen allt svårare att tyda.



Lästips!

För fler exempel på hur den biologiska mångfalden påverkas av ljusföroreningar rekommenderas Boken *Mörkermanifestet: om artificiellt ljus och hotet mot en uråldrig rytm* (Eklöf 2020) och rapporten "LED-belysningens effekter på djur och natur med rekommendationer: Fokus på nordiska förhållanden och känsliga arter och grupper" (Jägerbrand 2018).

PÅVERKAN PÅ MÄNNISKOR

Människan reagerar, precis som andra djur och växter, på olika typer av ljus. Det blå dagsljuset håller halterna av melatonin, kroppens sömnhormon, låga, vilket gör att vi känner oss pigga på dagen. När det naturliga utomhusljuset minskar och ändrar färg till rött, när dag går mot natt, ökar mängden melatonin i kroppen och vi blir trötta samtidigt som kroppstemperaturen går ner, ämnesomsättningen minskar och vi blir mindre hungriga (Eklöf 2020). Om vi låter det bli mörkt det vill säga. Om det istället står en gatlykta utanför fönstret, eller trädgårdsbelysning som letar sig inom bakom gardinen, blir det inte riktigt mörkt - och vår dygnsrytm rubbas.

Att utsättas för ljus på kvällen innebär en störning i den naturliga vågen av melatonin som är menad att skölja över oss i skymningen, för att långsamt ebba ut till morgonen. Störningen, som enligt en studie vid Harvards universitet kan uppstå redan vid så svagt ljus som 8 lux, gör det svårare för oss att sova, vilket gör att kroppen och hjärnan inte hinner varva ner, samtidigt som ämnesomsättningen fortsätter som vanligt och vi blir hungriga när vi inte borde (Harvard Health Letter 2020).

Att ämnesomsättningen minskar i takt med att halterna melatonin i kroppen ökar beror på att melatonin sätter i gång ett annat hormon, nämligen leptin. Leptin produceras av kroppens fettlagringsceller och styr vår aptit och mätthetskänsla. Leptinhalten är som högst när melatonin är som högst, vilket bör vara på natten, för att sedan sjunka igen vid soluppgången. När melatoninocykeln bryts till följd av uteblivet mörker blir även leptinnivåerna i kroppen låga, vilket har visat sig vara en av orsakerna bakom ett av världens största hälsoproblem - övervikt.

Att melatoninhalten minskar i kroppen till följd av uteblivet mörker har även visat sig öka risken för cancer, särskilt bröstcancer (Abraham & Zubidat 2015). Melatonin och dess effekter på andra hormoner har nämligen visat sig bidra till att hämma tumörer. Om den biologiska klockan störs så att melatoninökningen på natten uteblir, minskar de positiva effekterna och risken för att cancertumörer växer till sig blir större. För skiftarbetare, som jobbar natt och därmed vänder på den naturliga dygnsrytmen, är risken särskilt stor (ibid). Eftersom människor lever i miljöer som utsätts för andra störningar än ljus, såsom buller och föroreningar, är orsakssambanden självklart svåra att säkert kartlägga, men en del av förklaringen ligger onekligen i den nattliga belysningen (Eklöf 2020).



Figur 5. Människor kan påverkas av artificiellt ljus på flera sätt, där vissa delar av påverkan är svårare att mäta än andra. Men oavsett på vilket sätt vi påverkas rent fysiskt, så går vi miste om något. Endast var femte europé kan se Vintergatan till vardags och i Nordamerika och Europa lever i stort sett alla, 99 %, under en ljuspåverkad himmel. Foto: Martin Fransson..

3. VAD SÄGER LAGEN?

Än så länge finns det ingen särskild lagstiftning i Sverige som, likt de regler och riktvärden som finns för buller genom "Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader", reglerar störningar från artificiell belysning. Olikt Frankrike har inte Sverige heller antagit någon nationell lagstiftning vars syfte är att minska mängden ljusföroreningar i landet. Den franska lagstiftningen mot ljusföroreningar, som trädde i kraft 1 januari 2020, inkluderar bland annat skarpa gränsvärden för uppåtriktat ljus, färgtemperatur och släckningstider för viss belysning. Belysning inom den fysiska planeringen i Sverige regleras istället främst genom plan- och bygglagen (2010:900), medan frågor rörande belysningens påverkan på naturmiljön å sin sida främst regleras genom miljöbalken, MB (SFS 1998:808). Vid sidan om miljöbalken finns även artskyddsförordningen (2007:845), vilken innehåller bestämmelser rörande påverkan på fridlysta arter.

Plan- och bygglagen (PBL) och miljöbalken (MB) gäller parallellt, det vill säga lagarna tillämpas fullt ut vid sidan av varandra. En åtgärd som kan godtas enligt PBL uppfyller inte automatiskt MB:s krav. Den fysiska planeringen enligt PBL ska vara så förutseende och ha en sådan bärkraft att den håller gentemot miljöbalkens krav. Artskyddsförordningen gäller även efter att en detaljplan antagits och efter att bygglov meddelats. Detta kan medföra förseningar och problem om kännedom om lagskyddade arter som fladdermöss inte har hanterats tidigt i processen.

Frankrikes lag mot ljusföroreningar

1 januari 2020 trädde Frankrikes nationella lagstiftning mot ljusföroreningar i kraft. Nedan redovisas exempel från lagstiftningen som berör allmänna och privata platser såsom vägar, gator och gång- och cykelvägar.

- Fasadbelysning och skyltfönsterbelysning måste släckas senast kl 01.00 på natten.
- Färgtemperaturen ska inte vara mer än 3 000 Kelvin. För vissa skyddade naturmiljöer ställs hårdare krav (2 400 - 2 700 Kelvin beroende på typ av område).
- Gränsvärden för ljusinstallationer utomhus får inte överstiga 35 lumen/m² inom tätort. Utanför tätort skalas den tillåtna gränsen ned proportionellt till maximalt 25-10 lumen/m².
- Användning av laser, himmelstrålar och liknande högintensivt ljus är generellt förbjudet.
- Den installerade andelen ljus ovanför horisontallinjen får inte överstiga 4 procent.
- Ljus får inte riktas mot vattenytor.

Nedan följer en sammanställning av de mest relevanta befintliga bestämmelserna i svensk lagstiftning som reglerar ljusföroreningars påverkan på naturmiljön.

PLAN- OCH BYGGLAGEN (PBL)

Plan- och bygglagens övergripande syfte är enligt PBL (SFS 2010:900) 1 kap. 1 § att "med hänsyn till den enskilda människans frihet, främja en samhällsutveckling med jämlika och goda sociala levnadsförhållanden och en god och långsiktigt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer." Nedan redovisas lagstöd i PBL gällande hantering av ljusanordningar i planeringsprocessen.

Allmänna intressen

Enligt PBL 2 kap. 6 § ska bebyggelse och byggnadsverk, inklusive skyltar och ljusanordningar, utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bland annat stads- och landskapsbilden, natur- och kulturvärden, behovet av en god trafikmiljö, hushållning av energi och möjligheter för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga att använda området.

Ljusanordningar omfattas också av PBL 2 kap. 9 § som innebär att lokalisering, placering och utformning inte får ske så att den avsedda användningen kan medföra en sådan påverkan på omgivningen att det innebär fara för människors hälsa och säkerhet eller en betydande olägenhet på annat sätt (Fränkel & Tastare 2020).

Detaljplanering

I detaljplan kan bestämmelser utformas för hur särskilt värdefulla allmänna platser ska skyddas, användas och utformas (Fränkel & Tastare 2020). Utformning och placering av belysning kan då regleras med hjälp av egenskapsbestämmelser (Boverket 2018). Enligt Boverket (2018) kan egenskapsbestämmelser även användas för att ange placeringar av armaturer vid parkeringsplatser, under förutsättning att det krävs för att uppfylla planens syfte. Bestämmelser i detaljplan får aldrig vara mer detaljerade än vad syftet med planen kräver.

Tillstånd

Plan- och byggförordningen (PBF 2011:338) innehåller bestämmelser för tillämpningen av plan- och bygglagen. 6 kap. 3a § anger sedan 2017 att ljusanordningar är bygglovspliktiga om de placeras inom detaljplanelagt område i värdefull miljö enligt PBL 8 kap. 13 §, eller där de har en betydande påverkan på omgivningen. Det innebär att det krävs bygglov för att sätta upp, flytta eller väsentligt ändra en ljusanordning, inom ett område som omfattas av detaljplan, om den avsedda användningen av ljusanordningen kan ha betydande inverkan på omgivningen eller om ljusanordningen placeras på eller i anslutning till en sådan byggnad eller inom ett sådant bebyggelseområde som är särskilt värdefullt från historisk, kultur-historisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt. Enligt PBF 6 kap. 4 och 4a §§ får kommunen i en detaljplan eller i områdesbestämmelser även bestämma omfattningen av kraven på bygglov för ljusanordningar, genom att antingen utöka eller minska bygglovsplikten (Fränkel & Tastare 2020).

Tillsyn

Den kommunala byggnadsnämnden har tillsynsansvar för att bevaka att ljusanordningar håller de utformningskrav och tekniska egenskaper som bygglovet angivit, samt att bygglovsfria ljusanordningar uppfyller lagkrav. Om ljusanordningen inte uppfyller kraven kan byggnadsnämnden besluta om förelägganden och förbud för att åstadkomma rättelse (Fränkel & Tastare 2020).

MILJÖBALKEN

Miljöbalken (MB 1998:808) syftar enligt 1 kap. 1 § till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. "En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar för att förvalta naturen väl." Enligt 1 kap. 1 § ska Miljöbalken därför tillämpas så att bland annat värdefulla natur- och kulturmiljöer skyddas och vårdas, och den biologiska mångfalden bevaras.

Kunskapskravet

De allmänna hänsynsreglerna i MB 2 kap. 2 § anger att "alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet". Bestämmelsen brukas kallas för *kunskapskravet*, vilket understryker vikten av att låta kunskap om påverkan på naturvärden föregå handling. Det kan till exempel handla om behovet av en naturvärdesinventering eller särskilda artinventeringar inför en eventuell exploatering i ett område. Det går exempelvis inte att hävda att ett träd har avverkat eftersom kunskap saknats om att fladdermöss nyttjar trädet för kolonibildning, då kunskapskravet enligt 2 kap. 2§ MB innebär att en sådan avverkning ska föregås av inventeringar som ger denna kunskap.

Försiktighetsprincipen

I MB 2 kap. 3 § anges att ”alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iakta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.” Bestämmelsen brukar kallas för *försiktighetsprincipen* och innebär att försiktighetsmått ska vidtas redan om det finns en risk för skada eller olägenhet. Vid sådan risk ska skada och olägenhet för människors hälsa och miljön förebyggas, hindras eller motverkas genom skyddsåtgärder, begränsningar och övriga behövliga anpassningar (Naturvårdsverket 2022).

Skydd av områden

Miljöbalken 7 kap. omfattar skydd av områden. Inom skyddade områden (nationalpark, natur- och kulturreservat, naturminne, biotopskyddsområde, strandskyddsområde, djur- och växtskyddsområde, vattenskyddsområde, miljöskyddsområde och särskilt skyddade områden, såsom Natura 2000-områden) får länsstyrelsen eller kommunen ange inskränkningar och förbud mot vissa åtgärder. Inom Natura 2000-områden är det bland annat otillåtet med verksamheter som kan skada den livsmiljö eller de livsmiljöer i området som avses att skyddas, eller som på ett betydande sätt kan försvåra bevarandet av de arter som området pekats ut för att skydda (Jägerlund 2018).

Strandskydd

MB 7 kap. om strandskydd § 15 punkt 4 anger att inom strandskyddsområde får inte åtgärder vidtas som väsentligt förändrar livsvillkoren för djur- eller växtarter. I ”PBL kunskapsbanken, Bygglov för ljustanordningar” (Boverket, 2017) tydliggör Boverket att strandskyddsdispens kan krävas om en ljustanordning sätts upp inom ett område som omfattas av strandskydd även om åtgärden inte är bygglovspliktig (Fränkel & Tastare 2020). Att belysning inom strandskyddsområde kan omfattas av miljöbalkens sjunde kapitel stöds av en dom från Mark- och miljööverdomstolens (MÖD) som berör utebelysning vid en strandstuga (M9621-19). MÖD bedömde att utebelysningen, förutom att verka privatiserande på stugan och dess omgivning dessutom skulle störa djurlivet och vara missgynnande för fladdermöss och fågelliv. Dispens gavs därför inte för belysningen.

Miljöfarlig verksamhet

Miljöbalken 9 kap. behandlar miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Med miljöfarlig verksamhet avses enligt § 1 punkt 3 användning av mark, byggnader eller anläggningar som kan medföra olägenhet för omgivningen, till exempel på grund av starkt ljus. Med olägenhet för människors hälsa avses ”störning som enligt medicinsk eller hygienisk bedömning kan påverka hälsan menligt och som inte är ringa eller helt tillfällig”.

Anmälan för samråd

Miljöbalkens 12 kap. 6 § innebär att en anmälan för samråd ska göras för verksamheter och åtgärder som kan komma att väsentligt ändra naturmiljön. Tillsynsmyndigheten får sedan besluta att den anmälningsskyldige ska vidta de åtgärder som behövs för att begränsa eller motverka skador på naturmiljön. Installation av intensiv belysning utomhus kan anses vara en sådan väsentlig åtgärd.

I Kronoberg tillämpades 12 kap. 6 § MB i samband med att Växjö kommun ville anlägga ett elljusspår i ett kommunalt naturreservat med förekomster av fladdermusarten brunlångöra. Länsstyrelsen i Kronoberg bedömde att risk fanns för att föreslagen belysning skulle innebära att fladdermössen isolerades i området och ”att göra natt till dag får numera ses som en väsentlig ändring av naturmiljön”. Länsstyrelsen begärde därför att de berörda skulle inkomma med ett förslag till anpassning till bland annat fladdermöss, varefter ett elljusspår fick anläggas med ett föreläggande om de anpassningar som föreslagits.

ARTSKYDDSFÖRORDNINGEN

Artskyddsförordningen ger ett skydd för alla vilda fåglar och fladdermöss, samt ett antal djur och växter som finns uppräknade i artskyddsförordningens bilagor. Olika arter har olika skydd beroende på vilken paragraf i artskyddsförordningen som reglerar dem. Skyddet är strikt utformat. Det finns alltså ingen rimlighetsavvägning mellan nödvändigheten av projektet och behovet av att skydda arten. Om ett projekt eller en plan bedöms påverka en skyddad art är det inte möjligt att söka dispens, istället måste skyddsåtgärder vidtas så att arten inte påverkas negativt.

Artskyddsförordningen och fladdermöss

Alla Sveriges fladdermöss är fridlysta och har ett strikt skydd genom Artskyddsförordningen (ASF 2007:845) som sorterar under miljöbalken kapitel 8 om skydd för biologisk mångfald. I ASF 4-9 §§ verkställs bemyndigandet i 8 kap miljöbalken att föreskriva om förbud mot att döda, skada, fånga eller störa vilt levande djur.

Enligt artskyddsförordningen är det förbjudet att:

1. avsiktligt fånga eller döda fladdermöss
2. avsiktligt störa fladdermöss, särskilt under deras parnings-, uppfödning-, övervintrings- och flyttningsperioder
3. skada eller förstöra fladdermössens fortplantningsområden eller viloplats

Skyddet innebär alltså att inga fladdermöss, oavsett art och antal, får fångas eller dödas. Även fortplantnings- och viloplats är skyddade från störning, vilket innebär att det är förbjudet att skada eller förstöra områden som fladdermöss använder som vintervisten eller behöver för att föda upp sina ungar. Inte heller är det tillåtet att störa fladdermöss under tiden för fortplantning eller på deras vinterviloplats. Med störning menas en ”direkt eller indirekt inverkan som har betydelse för artens bevarandestatus, åtminstone lokalt. Störningen kan ske i form av till exempel ljud eller ljus och den behöver inte fysiskt påverka arten” (Naturvårdsverket 2009).

Med ”avsiktligt” menas att utövaren känner till den förutsägbara negativa följden av en handling men ändå genomför den. Krav om införskaffande av kunskap om eventuella följder av en handling ställs enligt kunskapskravet i MB 2 kap. 2§.

EU:s art- och habitatdirektiv och fågeldirektiv

Artskyddsförordningen är en nationell lagstiftning som införlivar EU:s art- och habitatdirektiv (92/43/EEG) och fågeldirektiv (79/409/EEG) i svensk lagstiftning. Den 4 § och den 7 § i artskyddsförordningen är implementeringar av de båda EU-direktiven, medan den 6 §, den 8 § och den 9 § är nationella svenska fridlysningsbestämmelser.

Sverige har dessutom, genom bilaga 2 till Artskyddsförordningen, förbundit sig att ta särskild hand om arterna barbastell, Bechsteins fladdermus, dammfladdermus och större musöra. Detta ska göras genom aktiva åtgärder som till exempel att upprätta skyddsområden (Eklöf och Rydell, 2020).

Vad innebär artskyddet?

Fridlysningsenligt artskyddsförordningen innebär att det vid åtgärder eller planer där fladdermöss kan komma till skada nästan alltid är nödvändigt med en fladdermusinventering. Detta för att avgöra vilka arter och antal fladdermöss som finns i området och huruvida det finns yngelplatser i området. Om ett projekt eller en plan bedöms påverka en eller flera livsmiljöer för fladdermöss negativt riskerar ett förbud enligt artskyddsförordningen att utlösas. Påverkan kan ske genom att livsmiljöer fysiskt tas i anspråk för till exempel bebyggelse, men även introduktion av belysning i mörka områden kan medföra negativ påverkan på livsmiljöer för fladdermöss. Koloniplatser är särskilt känsliga för ljus exponering, men även regelbundet använda rörelsestråk kan vara särskilt känsliga. Uppsättning av till exempel fasadbelysning på byggnader där det finns fladdermöss eller

uppsättning av övrig belysning i ett område med yngelplatser kan alltså innebära förbud enligt artskyddsförordningen.

Eftersom det oftast inte är möjligt att få dispens är det istället nödvändigt att genomföra anpassningar och sådana skyddsåtgärder som gör att förbudet i artskyddsförordningen inte utlöses. Samråd med länsstyrelsen är lämpligt, antingen som del av ett plansamråd för detaljplan eller separat som ett samråd enligt 12 kap. 6 § miljöbalken.

BONNKONVENTIONEN OCH EUROBATS

Utöver skydd enligt artskyddsförordningen har även alla migrerande djur, varav flera fladdermusarter ingår, ett skydd genom Bonnkonventionen som är en del av FN:s miljöprogram, UNEP (Eklöf och Rydell, 2020).

Under Bonnkonventionen tecknades en internationell överenskommelse om skyddet av de europeiska fladdermuspopulationerna, "EUROBATS". Sverige har tillsammans med 34 andra av Europas 49 länder skrivit på avtalet, liksom två icke-Europeiska länder. De länder som anslutit sig till EUROBATS-avtalet har förbundit sig att skydda alla arter som förekommer i Europa och i angränsande länder utanför Europa (BatLife Sweden 2022).



Figur 6. En fladdermus av arten brunlångöra flyger i skenet av fullmånen i bakgrunden. Foto: Jens Rydell.

4. PLANERA FÖR MÖRKER

För att minimera det artificiella ljusets negativa effekter på den biologiska mångfalden är det först och främst viktigt att planera så att större sammanhängande mörka naturområden kan bevaras och utvecklas. Ju tidigare under planeringsprocessen som kunskap om platsens betydelse för den biologiska mångfalden kommer in, desto bättre. Med tidig kunskap om naturvärden och olika arters behov av bevarade mörka miljöer ges större utrymme att anpassa en plan för utomhusbelysning så att mörka livsmiljöer kan bevaras. Ju längre fram i processen man kommer, desto snävare blir ofta förändringsutrymmet vad gäller markanvändning.

ZOOMA UT

Genom att zooma ut och se i vilket ekologiskt samband de olika utemiljöerna befinner sig i, ges större möjligheter att utforma belysningen med minimal påverkan på mörka naturområden av betydelse för bland annat fladdermöss. Den kommunala översiktsplanen kan förhoppningsvis ge en fingervisning om var i landskapet pastoratets utemiljöer befinner sig, och vägledning i hur belysning bör hanteras i relation till omkringliggande landskap. Närheten till sammanhängande naturområden med skog, vattenmiljöer och småbrutna och flikiga jordbrukslandskap är särskilt värdefulla.

Fokus bör ligga på hur mörka områden och korridorer kan bevaras, och fragmentering mellan olika mörka miljöer undvikas. En lämplig fråga att ställa sig i ett tidigt planeringsstadium är ifall sammanhängande mörka stråk kommer att bibehållas i landskapet och i anslutning till vattenmiljöer? Hur kan människors besök på en kyrkogård planeras så att närliggande naturmark och potentiellt viktiga fladdermösmiljöer inte belyses i onödan?

Zonindelning av områden

För att få en större överblick om vilket sammanhang de olika belysningsprojekten befinner sig i kan en mörkerplan/belysningsstrategi tas fram baserat på ett så kallat zoneringsystem, det vill säga ett system där områden klassificeras i olika zoner beroende på hur ljus himlen är. Zonindelningen kan ge en överblick över vilka områden som redan idag är påverkade av belysning och vilka områden som är mörka och bör skyddas från framtida ljusföroreningar för att främja naturmiljön. Utifrån zoneringsystemet kan sedan områdesspecifika riktlinjer för belysning ges i relation till vilken zon området tillhör. Ett exempel på en sådan zonindelning går att finna i Nacka kommuns "Riktlinjer och förhållningssätt för offentlig belysning i Nacka" från 2017 (se figur 6). Zonindelning utifrån hur ljus himlen är baserat på Bortle-skalan (se faktaruta) har förslagits av både International Dark-Sky Association (IDA) och av Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), som är en internationell organisation.

Bortle-skalan

Amatörastronauten John E. Bortle upprättade i början av 2000-talet en skala för att avgöra graden av mörker på natthimlen. Syftet med den så kallade Bortle-skalan var att kunna bedöma hur påverkan på natthimlen är av ljusföroreningar på en viss plats. Skalan har nio steg, där en etta motsvarar en opåverkad, mörk natthimmel och en nia motsvarar en mycket påverkad, grå-gul och stjärnlös himmel som oftast går att se ovanför storstäder.

I tabell 1 på nästa sida redovisas den zonindelning som CIE förespråkar i "Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations" (CIE 2017). I tabell 2 redovisas dessutom de av CIE rekommenderade maximala värdena för installation av belysning i områden som klassats enligt zonindelningen för att förhindra ljusföroreningar och störande ljus. Rekommenderade värden finns bland annat på andelen upptriktat ljus, belysningsstyrka på fastigheter, fasadluminans och skyltluminans (CIE 2017).

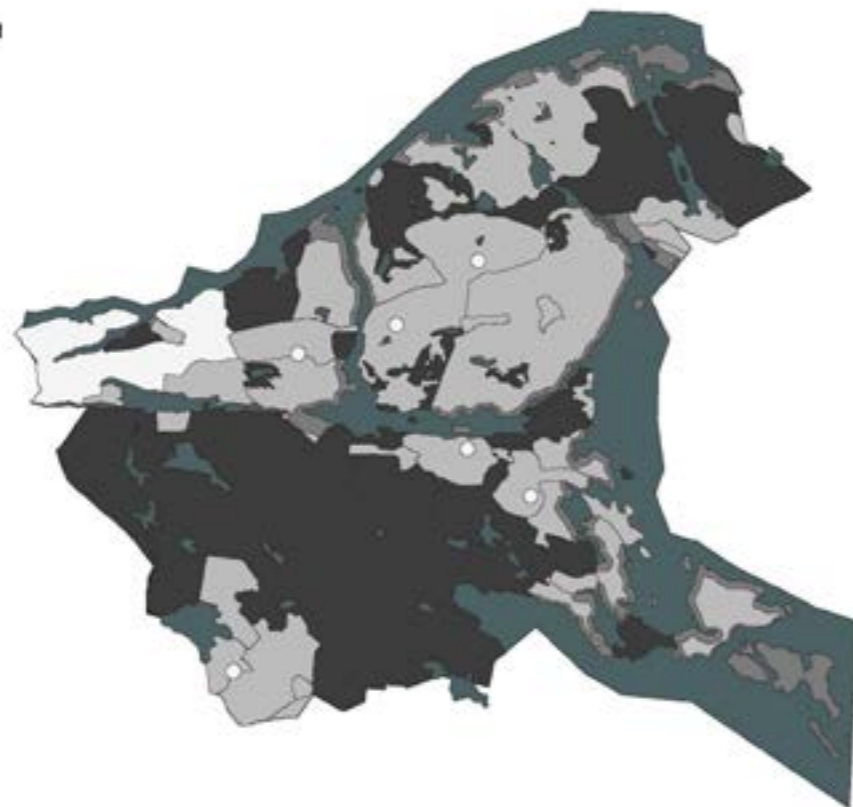
Tips: CIE 150:2017

Rapport: "Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd Edition", som går att ladda ner på CIE:s hemsida.

Se även kapitel 6 och sista avsnittet om att göra genomtänkta val.

2.5.1 LJUSMILJÖZONER I NACKA KOMMUN

- E1** utgörs av mörka områden, som landsbygdsmiljöer eller nationsspårar och andra skyddade områden med inget eller väldigt svagt omgivningsljus.
I Nacka kommun motsvaras E1 av natur- och större rekreationsområden enligt översiktsplanen.
- E2** utgörs av områden med allmänt svagt omgivningsljus, såsom industri- eller bostadsområden på landsbygden.
I Nacka kommun motsvaras E2 av gles blandad bebyggelse i kustområdet enligt kustprogrammet och gles blandad bebyggelse som domineras av fristående enligt översiktsplanen.
- E3** utgörs av områden med medelstarkt omgivningsljus, till exempel samhällen, industri- eller bostadsområden i förorten.
I Nacka kommun motsvaras E3 av medeltät stadbebyggelse, gles blandad bebyggelse utöver kustområdet och industriområden enligt översiktsplanen.
- E4** utgörs av områden med starkt omgivningsljus, såsom stadskärnor och handelsområden.
I Nacka kommun motsvaras E4 av tät stadbebyggelse och lokala centra enligt översiktsplanen och respektive detaljplanprogram.



Figur 7. Exempel på hur zonering av mörka områden kan klassificeras och förses med riktlinjer för belysning (Nacka kommun 2017).

Tabell 1. Exempel på zonindelning för ljuspåverkade utomhusmiljöer från CIE (2017), tillsammans med den så kallade Bortle-skalan och himlens ljushet mätt i millicandela per kvadratmeter (mcd/m²).

Zon	Bortle-skala (klass)	Ljus på natthimmel (mcd/m ²)	Exempel
E0	Klass 1. Utmärkt, naturligt mörkt	0,2	IDA sky parks, extremt mörka områden där vintergatan är synlig.
E1	Klass 2-3. Mörka platser och landsbygd med mycket liten ljuspåverkan.	0,2-0,5	Relativt obebyggd landsbygd. Himlaglim från avlägsen stad kan ses i horisonten.
E2	Klass 4-5. Landsbygd till förortsmiljö med viss ljuspåverkan.	0,5-2,5	Sparsamt bebodda områden. Himlaglim synligt i flera riktningar.
E3	Klass 6-7. Ljuspåverkad himmel.	2,5-7	Tätbebyggda områden utanför städer. Himlaglim synligt i alla riktningar. Moln är ljusare än natthimlen.
E4	Klass 8-9. Mycket ljuspåverkad himmel.	>7	Storstäder och centrala områden, industriområden. Ljuspåverkan gör hela natthimlen ljusgrå.

Tabell 2. Maximala värden för att begränsa ljusföroreningar i olika miljözoner enligt CIA (2017).

Zon	Uppåtriktat ljus (%)	Belysningsstyrka på fastigheter (E _v) Normal belysning	Belysningsstyrka på fastigheter (E _v) Reducerad belysning	Fasadluminans L _v , cd/m ²	Skyltluminans L _v , cd/m ²
E0	0	n/a	n/a	<0,1	<0,1
E1	0	2 lux	<0,1* lux	<0,1	50
E2	2,5	5 lux	1 lux	5	400
E3	5	10 lux	2 lux	10	800
E4	15	25 lux	5 lux	25	1000

*vägbelysning som kontrollerar trafiken kan vara upp till 1 lux.

INFÖRSKAFFA PLATSKUNSKAP

Inför genomförandet av en belysningsplan för utemiljö eller en åtgärd ska miljöbalkens allmänna hänsynsregler tillämpas. En särskilt viktig aspekt att beakta är då kunskapskravet (2 kap. 2§ MB) som innebär att kunskap om eventuell påverkan på skyddade arter måste inskaffas (se kapitel 3). Om det inte finns kännedom om lagskyddade arter tidigt i processen kan det medföra förseningar, höga kostnader och strandade projekt. För att kunskapskravet ska uppfyllas och för att ett projekt inte ska riskera att bli omöjligt att genomföra behöver frågan om artskydd alltid hanteras i ett tidigt skede i processen.

Inventeringar ger bra underlag

För att uppfylla kunskapskravet kan en naturvärdesinventering (NVI) utförd enligt svensk standard (SS 199000:2014) genomföras. Eftersom att kyrkor och kyrkogårdar ofta har en lång kontinuitet som naturmiljöer, utgör dessa platser inte sällan områden med en rik biologisk mångfald, knuten till bland annat gamla träd och byggnader som inte minst fungerar som boplatser för fladdermöss. Utöver en NVI bör därför alltid en fladdermusinventering genomföras, särskilt om kyrkogården ligger nära naturmark.

Fladdermusinventeringen behöver ske under rätt årstid, det vill säga sommaren. Om sommaren passerat behöver man således vänta ett helt år till nästa tillfälle, så det lönar sig att vara ute i god tid, och gärna planera och vid behov handla upp inventeringen redan på hösten innan eller under tidig vår. Fladdermusinventeringar ska utföras av en biolog med expertkunskap om fladdermöss och inventeringsmetodik. Ofta behövs också specifik utrustning, dels för att spela in fladdermössens läte, dels som stöd för att tolka olika ljudmönster som de olika arterna avger.

Om fladdermusinventeringen visar på fladdermüs förekomster i området bör dessutom en artskyddsutredning tas fram. Omfattningen kan anpassas efter planen eller projektets storlek. Målet med en artskyddsutredning är att bedöma påverkan från föreslagna utveckling eller projekt och ta fram förslag på åtgärder som kan genomföras för att skydda fladdermössen och upprätthålla områdets ekologiska funktion för fladdermöss. Fokus i artskyddsutredningen ligger vanligen på rödlistade arter, lokalt sällsynta arter och arter med negativ populationstrend. Krav på uppföljning av föreslagna skyddsåtgärder bör ställas, men där finns ofta en förbättringspotential att så verkligen sker.

Påverkan på fladdermöss behöver utredas överallt där fladdermöss kan tänkas finnas och där ljussituationen planeras förändras. Det kan till exempel handla om uppsättning av ny belysning, byte av typ av belysning eller vid förändring i tid då ett område belyses. I utredningen bör särskilt boplatser, vatten och födosöksområden beaktas, liksom möjligheten för fladdermöss att ta sig till och från dessa (Eklöf & Rydell 2020).

Var kan vi förvänta oss fladdermüs förekomster?

Generellt är naturmiljöer som innehåller "pusselbitar" som vatten, gamla träd, möten mellan öppen mark och skog, samt glesa äldre skogar att se som "flaggor" för att det kan vara bra miljöer för fladdermöss. Som insektsätare gynnas fladdermöss av en mosaik av olika naturmiljöer med bra förutsättningar för insekter, men de behöver också viloplats av olika slag. Gamla byggnader som kyrkor, äldre byggnader, ödehus och berggrum är också att se som signaler på att fladdermöss kan förekomma. För samtliga dessa miljöer gäller att de behöver bibehållas så mörka och fria från ljusföroreningar som möjligt, så planerad bebyggelse, vägar, parker och natur behöver placeras och anpassas med hänsyn till detta.

Exempel på miljöer där fladdermöss kan förväntas:

- Mörka naturområden eller större parker
- Stränder mot sjö eller vattendrag, våtmarker och sumpskogar
- Miljöer med stora och gamla träd med håligheter
- Glesa äldre skogar, till exempel ädellövskogar
- Skogsbryn, småbrutet/mosaikartat landskap
- Betsmarker med mycket insekter, t.ex dyngbaggar,
- Öppna stråk i skogsmark, till exempel öppningar kring stigar och skogsbilvägar, ledningsgator
- Gamla byggnader, berggrum
- Under broar och i broars skrymslen, särskilt gamla stenbroar
- Kyrkogårdar och omgivningar kring kulturbyggnader med gamla träd, särskilt på landsbygden
- Mörka naturstråk i annars upplysta miljöer



Kombinationen av flera av dessa miljöer och naturförutsättningar skapar särskilt hög sannolikhet för förekomst av fladdermöss, och av flera olika arter.

5. TRYGGHET OCH MÖRKER

Att människor tenderar att känna sig mindre trygga i mörka miljöer än i ljusa är inte så märkligt. Försämrad synförmåga och mindre möjligheter till kontroll gör att vi ofta blir mer oroliga och på vår vakt i mörker än i ljus som våra ögon är anpassade till. Men trots att dagens samhällen ofta är mycket upplysta under dygnets mörka timmar känner många människor otrygghet över att röra sig på bland annat kyrkogårdar när solen har gått ner (Holst et al. 2022). En upplyst miljö är alltså inte alltid en trygg miljö, och en trygg miljö är inte nödvändigtvis upplyst. Ofta ses ändå belysning som en snabb lösning på problem med otrygghet i fysiska miljöer. Det är viktigt att ha i åtanke att upplevelsen av trygghet är komplex fråga som beror på flera samverkande faktorer, varav ljusmiljön endast är en.

Skillnad på upplevd trygghet och säkerhet

Till att börja med kan vi konstatera att det finns en skillnad mellan trygghet och säkerhet. En vid definition av trygghet är individens upplevelse av sin egen säkerhet, det som ofta kallas upplevd trygghet. Säkerhet kan istället definieras som risken för att utsättas för brott (Holst et al. 2022). Olika erfarenheter och tolkningar av vår omgivning gör att olika människor kan uppfatta samma plats som trygg eller otrygg, även om risken för att utsättas för ett brott är lika stor eller liten för alla.

Den upplevda tryggheten skapas alltså delvis utifrån individens egna erfarenheter och mentala bilder, men också utifrån hur den fysiska miljön är uppbyggd. I följande kapitel redovisas exempel på hur god gestaltning och planering av just kyrkogårdar kan bidra till högre andel trygghetskänslor hos de som besöker platsen, vilket kan ske med hjälp av fler verktyg än just belysning.

FAKTORER FÖR TRYGGHET

Belysningen är ett viktigt verktyg för att skapa trygghet, men är långt ifrån det enda som krävs för att en utemiljö ska upplevas som trygg. Enligt bland annat Boverkets rapporter om trygghetsåtgärder i samhällsbyggnadsprocessen (Boverket 2012, 2022 och Ceccato et al. 2019), bedöms närvaron av andra människor vara den viktigaste faktorn för upplevelsen av trygghet. Andra viktiga frågor att beakta vid planering av utemiljöer är orienterbarhet, skötsel och underhåll.

Möjligheten att hitta rätt och känna igen sig även när det är mörkt är en viktig trygghetsaspekt som kan öka med hjälp av genomtänkt skyltning och belysning. Genom att belysa entréer, stråk och målpunkter på olika sätt ökar orienterbarheten, vilket i sin tur ökar tryggheten. God uppsikt och möjlighet att identifiera in- och utgångar kan ha en stor inverkan på den upplevda tryggheten (Appelton 1996; Andrews & Gatersleben 2013). Av samma anledning är det viktigt att inte leda in besökare i återvändsgränder (Karlsson & Lundberg 2020).

Ytterligare en viktig aspekt för att skapa trygga utomhusmiljöer är att säkerställa en god skötsel (Boverket, 2012). Rena och omhändertagna miljöer känns generellt tryggare än platser med skräp, skadegörelse och klotter.

Utgå från platsen och de som vistas där

Vilka typer av trygghetskapande åtgärder som är mest lämpade för olika platser beror var i landskapet vi befinner oss och vilka problem med otrygghet som råder på just den platsen. Ett av våra viktigaste verktyg för att undersöka ett områdes specifika problem med otrygghet är genom medborgardialog. För att förstå vad som får folk att känna sig otrygga respektive trygga på en plats krävs dialog med de människor som rör sig där.

Varje utomhusmiljö är unik och behöver analyseras för att kunna gestaltas på ett bra sätt. Kanske är svaret inte mer belysning, utan något helt annat. För att veta, behöver vi fråga. Att som besökare få möjlighet att delta i planeringen av just sin utomhusmiljö kan dessutom vara trygghetskapande i sig, eftersom det kan öka känslan av tillhörighet och kontroll.

INNEBÄR BELYSNING ALLTID ÖKAD TRYGGHET?

Att belysa en utomhusmiljö innebär inte automatisk att den kommer att uppfattas som mer trygg. Utöver tidigare nämnda trygghetsåtgärder rörande närvaro av människor, orienterbarhet och skötsel är god planering av själva belysningskällan viktig att beakta. Att endast addera mer elektriskt ljus kan resultera i motsatt effekt än vad som var syftet, då intensivt och felriktat ljus kan orsaka starka kontraster som bländar och därmed försämrar vår möjlighet att se, vilket i sin tur kan öka upplevelsen av otrygghet.

Intensiv belysning kan också medföra en ökad känsla av att vara exponerad. Om en utomhusmiljö är starkt upplyst blir besökaren exempelvis exponerad för omgivningen, medan omgivningen upplevs som mörkare till följd av försämrat mörkerseende i kontakt med den starka ljuskällan.



Figur 8. Belysning innebär inte automatisk trygghet. Om belysningen är allt för stark kan den både vara bländande och uppfattas som otäck, samtidigt som vår förmåga att se bra i mörker utanför det upplysta området försämras radikalt. Foto: Jens Rydell.

6. BELYSNING FÖR MINSKAD EKOLOGISK PÅVERKAN

För belysning utomhus finns flera saker att tänka på för att göra så lite skada som möjligt. Idag finns teknik för såväl tidsstyrning som för riktning, avskärmning, ljusvåglängd och färgtemperatur. Sammanfattningsvis bör belysning för minskad ekologisk påverkan utformas så att:

- mörka naturmiljöer, kyrkovindar, torn, gamla träd och korridorer mellan dessa i första hand bevaras mörka,
- belysning endast sker på platser där det verkligen behövs och skärmas av för att inte spridas utanför behovsområdet,
- belysning endast sker under den tid på året och dygnet som behövs och inte kommer i konflikt med skydd av fladdermöss, vilket kan ske med hjälp av timers och närvarostyrning,
- ljusstyrkan hålls så låg som möjligt och höjs endast när människor vistas på platsen, vilket kan ske med hjälp av närvarostyrning och dimning,
- ljuskällan utgörs av lampor med långa våglängder och ett varmare ljus för att minska påverkan, helst i kombination med ovan nämnda anpassningar.

Nedan följer en fördjupning av ovan nämnda rekommendationer gällande belysning för minskad negativ påverkan på så väl människan som övriga djur och natur.

VÄRNA MÖRKRET I FÖRSTA HAND

För att värna alla de arter som är beroende av mörker och en naturlig natt, är det förstas bäst att undvika belysning i största möjliga utsträckning och därmed bevara mörkret. Även arten *Homo sapiens* behöver mörker för att inte störa sin dygnsrytm, varför belysning på full styrka nattetid bör undvikas.

Kyrkor, gamla träd och naturskyddsområden ska helst inte belysas alls och inte mer än vad som är absolut nödvändigt ur säkerhetssynpunkt. Buffertzoner bör även skapas runt naturområden där belysningen minimeras och i första hand utgörs av anpassad belysning (enligt kommande rekommendationer i detta kapitel). Fladdermössens boplatser eller förflyttningsstråk mellan boplatser och födosöksområden bör inte utsättas för ljus starkare än 0,3 lux (likvärdigt fullmånens ljus).

BEVARA MÖRKA SPRIDNINGSKORRIDORER

På samma sätt som vi behöver planera för en sammanlänkad grönstruktur med gröna korridorer behöver vi även planera för att bevara mörka områden och stråk. Nattlevande arter behöver spridningskorridorer i skydd av mörkret och upplysta vägar, kyrkogårdar, parker, bostads- och industriområden blir som barriärer, vilka fragmenterar det sammanhängande mörkret. Genom att zooma ut och inspektera var i landskapet de olika utomhusmiljöerna befinner sig kan lämpliga åtgärder vidtas för att bevara mörka korridorer.

Skapa mörka luckor istället för ljusa "väggar"

Belysning från gatlyktor tenderar idag att stå tätt och därmed överlappa varandra. På detta sätt skapas barriärer av ljus längs vägar och trottoarer som fungerar som väggar för ljusskygga arter. Istället för att placera ut gatlyktor med 20-30 meters mellanrum kan ett avstånd på över 50 meter, där lyktorna riktas nedåt, innebära mörka luckor i landskapet som kan fungera som passager för till exempel fladdermöss.

SKYDDA FLADDERMÖSS

Eftersom fladdermöss är fridlysta och Sverige har anslutit sig till EUROBATS-avtalet (se kapitel 3) bör särskild fokus vid planering av artificiellt ljus ligga på att undvika att skada och störa fladdermöss. Att vidta skyddsåtgärder för att inte påverka den här artgruppen negativt med ny belysning är viktigt för att inte riskera ett förbud enligt artskyddsförordningen – men också för att gynna andra nattaktiva arter som inte skyddas av artskyddsförordningen på köpet.

Fladdermössens livscykel

Fladdermöss vaknar vanligen ur sin vinterdvala i mars/april. Under försommaren samlas dräktiga honor kolonier där de föder ungar i slutet av juni. I juli månad ökar honornas energibehov när ungarna diar och växer, vilket gör att honorna behöver jaga intensivt under nätterna. I slutet av juli och augusti ökar fladdermössens aktivitet ytterligare när hanar börjar hävda parringsrevir och årets ungar börjar flyga. Fladdermössen går vanligen i mer sammanhängande vinterdvala under perioden september till april. Den exakta tidpunkten varierar en del efter väderlek och klimat. Det förekommer därför att fladdermöss är aktiva ända till november/december, och vaknar upp ur vinterdvalan redan i februari.

Större fladdermus-arter kan flyga mil mellan födosöksområde och sommarkoloniplats, medan mindre arter under sommaren kan vara koncentrerade kring koloniplatsen och röra sig några hundra meter mellan sommarkoloni och födosöksmiljöer.

UNDVIK & ANPASSA BELYSNING AV KYRKOR & GAMLA TRÄD

Estetisk belysning (fasadbelysning) av kyrkor som nyttjas som boplatser för fladdermöss kan ha förödande konsekvenser för den berörda populationen (se till exempel hur arten brunlångöra har påverkats av fasadbelysning på kyrkor i kapitel 2), och innebär därmed en konflikt med artskyddsförordningen (se kapitel 3).

Eftersom fladdermössen vid sina boplatser endast klarar av en ljusintensitet som högst uppnår fullmånens styrka (0,3 lux) bör all fasadbelysning som riktas mot byggnader som nyttjas av fladdermöss undvikas (Rydell & Wredin 2021; Owens 2020). Tidigare har man trott att ena sidan av kyrkor som nyttjas av fladdermöss skulle kunna fasadbelysas, men senare studier har visat att kolonierna även här minskade kraftigt i storlek (Rydell & Wredin 2021). Fasadbelysning bör alltså helst undvikas helt på platser där fladdermöss bor - särskilt under tiden då de reproducerar sig och bildar kolonier. I Skandinavien innebär detta att viss effektbelysning kan tillåtas på vinterhalvåret då fladdermössen har gått i dvala och vi människor är i störst behov av belysning (Eklöf & Rydell 2021). Den globala uppvärmningen tenderar dock att förlänga säsongen vilket gör att fladdermöss kan vara aktiva så sent som i december (ibid), varför belysning även på senhöst bör ske med stor försiktighet. Likaså bör inomhusbelysning i form av svaga lyktor endast vara tända vintertid, då fladdermössen har gått i vintervila. Höst- och vintertid bör belysning för övrigt anpassas efter vidare rekommendationer i detta kapitel.



Figur 9. Strålkastare som lyser upp gamla kyrkor underifrån, som denna i Ulricehamn, gör att fladdermöss som nyttjar kyrkovindar och torn inte vågar flyga ut på natten för att samla föda. Samtidigt innebär belysning som riktas upp mot kyrkor bidrag till ökat himlaglim. Foto: Jens Rydell.

Stora träd och framför allt träd med hål i bör vi inte belysas alls. I hålen kan fladdermöss och fåglar bo och på grenarna kan fåglar sova. Även träden själva störs av ljus och riskerar att släppa sina blad för sent på hösten eller knoppa för tidigt på våren (se kapitel 2). Insekter som pollinerar eller lever på/av trädet påverkas också i stor utsträckning.

Planering av belysning i utomhusmiljöer, för att hindra påverkan från artificiellt ljus på fladdermössens födosöksområden, rörelsestråk och bo-/koloniplatser, bör utgå från nedan rekommendationer framtagna av UNEP/EUROBATS.

Tabell 4. Rekommendationer gällande belysning med hänsyn till fladdermöss, ursprungligen framtagna av UNEP/EUROBATS och redovisade i EUROBATS Publication Series No. 8: *Guidelines for consideration of bats in lighting projects* (Voigt et al. 2018).

Åtgärd	Rekommendationer
Undvik	Bevara mörka områden Högt prioriterade områden som ska bevaras mörka inkluderar: <ul style="list-style-type: none"> skyddade områden bo-/koloni- och övervintringsplatser fodosöksområden (insektsrika miljöer som bryn och vattendrag) rörelseområden (skogsbyn, häckar, floder, trädlinjer)
Endast där belysning är nödvändig och en fladdermusutredning har tagits fram kan lindrande åtgärder i form av anpassad belysning genomföras:	
Begränsa påverkan	<p>Tidsinställd släckning</p> <ul style="list-style-type: none"> Släck utomhusbelysning inom två timmar efter solnedgång - särskilt under perioder för reproduktion, kolonibildning och migration, dvs april-september. <p>Dimning</p> <ul style="list-style-type: none"> Dimma ljuset så att det bara är tätt när människor vistas på platsen. Håll ljusstyrkan så låg som möjligt utifrån befintliga EU-standarder. <p>Undvik spridning</p> <p>Undvik spridning av ljus >0,1 lux på omgivande ytor genom att:</p> <ul style="list-style-type: none"> använda helt avskärmade armaturer, eftersträva låga armaturer, särskilt nära träd, använda färre ljuskällor, ta hänsyn till omgivande ljusstrukturer och reflekterande ytor. <p>Rikta ljuset</p> <p>Ljuset bör riktas:</p> <ul style="list-style-type: none"> nedåt, <85 graders vinkel, bort från in- och utgångar till boplatser för fladdermöss. <p>Justera färgtemperaturen</p> <ul style="list-style-type: none"> Undvik lampor med våglängder <540 nm (UV och blått ljus) och med en korrelerad färgtemperatur >2700K i fladdermössens migrations- och födosöksområden. Undvik våglängder <500 nm vid bo- och koloniplatser för fladdermöss.
Kompensation	Återställ mörka områden Undvik en nettoförlust av mörker genom att: <ul style="list-style-type: none"> Återställa mörker i samma utsträckning som arealen förlorad mörk yta. Förstärk alternativa mörka korridorer som för samman boplatser och födosöksområden. Skapa alternativa boplatser.

TILLÄMPA FÖRSIKTIGHETSPRINCIPEN VID VATTEN

Ljusföroreningar vid vatten är problematiskt av flera anledningar. Dels för att belysning i eller nära akvatiska ekosystem har visat sig påverka skyddade arter (såsom fiskar, fåglar, fladdermöss och groddjur) både direkt och indirekt (se kapitel 2). Dels för att vattenmiljöer tenderar att exponeras mer av ljusföroreningar jämfört med andra miljöer. Vattenmiljöer är särskilt utsatta för ljus eftersom det i vatten saknas skuggande strukturer som stoppar ljuset, vilket också gör att ljuset, liksom ljud, kan spridas längre än i andra miljöer. Dessutom orsakar vattnet reflektioner som ökar andelen reflekterande ljus från lokala ljuskällor (Jägerbrand 2018).

För att undvika ekologiska effekter i och nära akvatiska ekosystem bör försiktighetsprincipen (se kapitel 3) tillämpas. Anpassningar för att minska mängden ljusföroreningar vid och i vatten är relativt enkla att genomföra genom en kombination av schemalagt ljus, låga stolpar, avskärmning och färgtemperatur (se vidare åtgärdsförslag i detta kapitel).

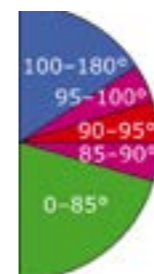
BELYS DÄR DET BEHÖVS

För att undvika slentrianbelysning bör varje belysningsinstallation föregås av en analys av huruvida belysning på platsen är nödvändig över huvud taget. Därefter bör åtgärder vidtas som säkerställer att den tänkta belysningsanordningen endast belyser den yta som behöver belysas.

Rikta ljuset nedåt

Belysning som är riktad mot himlen bör alltid undvikas då detta särskilt bidrar till ljusföroreningar och himlaglim med negativ påverkan på bland annat skyddade fågelarter och fladdermöss. Störst risk för himlaglim skapas vid en ljusvinkel mellan 90 till 100 grader. Uppåtriktat ljus innebär risk även risk för bländning som försämrar mörkerseendet hos människor, vilket kan bidra till ökad otrygghet. Lyktor bör därför huvudsakligen riktas mot marken, det vill säga med en vinkel under 90 grader. Om ljus riktas uppåt eller i 85-90 graders vinkel bör det träffa en avskärmande yta eller förses med bländskydd.

Tabell 3. Uppåtriktat ljus innebär risk för bländning och spilljus mot himlen som bidrar till himlaglim. Följande riktlinjer för ljusvinklar har ursprung i "Guidance Notes for the Reduction of Obtrusive Light GN01/21" utgett av Institution of Lighting Engineers 2021.



Ljusvinkel	Påverkan himlaglim	Bländningseffekt
100-180°	Lokal	Låg
95-100°	Signifikant	Viss
90-95°	Hög	Hög
85-90°	Signifikant	Hög
0-85°	Minimal	Viss

Avskärma ljuset och sänk ljuspunkten

Genom att skärma av ljuspunkten kan det värdefulla mörkret bevaras i omgivningen medan det som faktiskt behöver belysas syns bra. Avskärmning är lämpligt till exempel där vägar fram till kyrkor och kyrkogårdar ligger nära vatten, skog eller skogsbyn. Avskärmning kan exempelvis ske genom plank, ungefär som med bullerplank eller genom ytterligare rader med träd/annan växtlighet, så att ljuset silas.

Lågt placerade lampor minimerar spridningen av ljus uppåt och åt sidorna vilket annars skulle störa växtlighet eller förbipasserande nattdjur.



Figur 10. Genom att rikta belysningen bort från träd och naturområden minskas påverkan på växt- och djurlivet. Om detta inte är möjligt kan avskärmande plank, likt bullerplank, sättas upp mellan naturområden och vägar så att endast den yta som behöver belysas belyses.

Begränsa mängden uppåtriktat ljus

Den franska lagstiftningen för belysning reglerar bland annat uppåtriktat ljus. Gränsen för publika gator och vägar går i Frankrike vid 4% och i naturreservat och andra känsliga miljöer är gränsen 0%.

BELYS NÄR DET BEHÖVS

Belysning behövs sällan året runt och dygnet runt; vi vill belysa platsen när den ska användas men inte annars. Eftersom kyrkogårdar och flera andra utemiljöer generellt besöks väldigt sparsamt under natten kan det vara aktuellt med en väl gestaltad rörelsestyrning under dessa timmar. Att användare själva triggat ljuset genom sensorer är ett enkelt sätt att begränsa ljuset i tid. Denna åtgärd kan dessutom spara mycket energi vilket ger goda möjligheter till minskad ekologisk påverkan samtidigt som det sparar pengar.

Schemalagd släckning av belysning kan vara särskilt viktigt för att minimera påverkan på fladdermöss och migrerande fåglar. Genom att anpassa belysningen utifrån de årstider då fladdermöss är aktiva (se faktaruta) och fåglar migrerar vår och höst, samt schemalägga släckning av belysning två timmar efter solnedgång, särskilt under vår, sommar och höst, kan den negativa påverkan minskas väsentligt (Voigt et al. 2018; Jägerbrand 2018).

Med hjälp av så kallade smarta styrsystem kan belysningsarmaturer numera även styras utifrån rådande väderförhållanden. Studier har visat att snötäckta gator speglar gatljuset och belyser himlen med 33 procent mer ljus än i ett område utan vare sig snö eller artificiell belysning (Eklöf 2020). Eftersom snö reflekterar ljus är det möjligt att sänka belysningen dagar då marken är snöbelagd och på så sätt åstadkomma en energiminskning på upp till 30 % (Mondeverde 2022) samtidigt som mängden ljusföroreningar minskas.

Närvarostyrning

Grundprincipen för närvarostyrd belysning är att en plats eller väg endast belyses när människor vistas där. Genom att välja armaturer med närvarosensor kan en individuell armatur eller en grupp av armaturer styras så att belysningen dämpas vid frånvaro av människor, för att sedan öka när någon rör sig i området. På så sätt sparas energi samtidigt som onödiga ljusföroreningar uteblir.

Beroende på syftet med belysningen kan övergången från mörkt till ljust ske snabbt eller gradvis. Detta är viktigt eftersom påslagning av en lampa kan medföra en känsla av att vara iakttagen, vilket är positivt när syftet är att lysa upp potentiella inbrottsstjuvar, men negativt om syftet är att skapa trygghet hos besökare på en kyrkogård. Om syftet är att skapa trygghet kan istället flera armaturer längs ett stråk kopplas samman och med hjälp av rörelsedetektorer dimras upp från låg till högre ljusstyrka. På så sätt blir övergångarna mjuka, vilket ofta innebär att de som besöker ett närvarostyrt gångstråk inte själva märker av att belysningen tänds för "deras skull".

Att närvarostyrd belysning kan minska energiförbrukningen rejält utan att människor upplever miljön som mer otrygg har bland annat synliggjorts i en studie gjord på ett gång- och cykelstråk längs med Kungsholms strand i Stockholm (Kristoffersson 2013). Resultaten i studien pekar mot att det med närvarostyrning går att spara 40 % av energin utan att trafikanterna upplevde någon försämring av belysningen. Observera att den aktuella teststräckan hade relativt mycket trafik både under sen kväll och tidig morgon. Motsvarande styrning på en mer normalt trafikerad gång- och cykelväg bedöms ha inneburit en ännu större energibesparing. Belysningssystem med dimbara armaturer som släcks helt när ingen vistas på platsen kan sänka energiförbrukningen med upp till 80 procent (Belysningsbranschen 2013).



BEGRÄNSA LJUSSTYRKAN

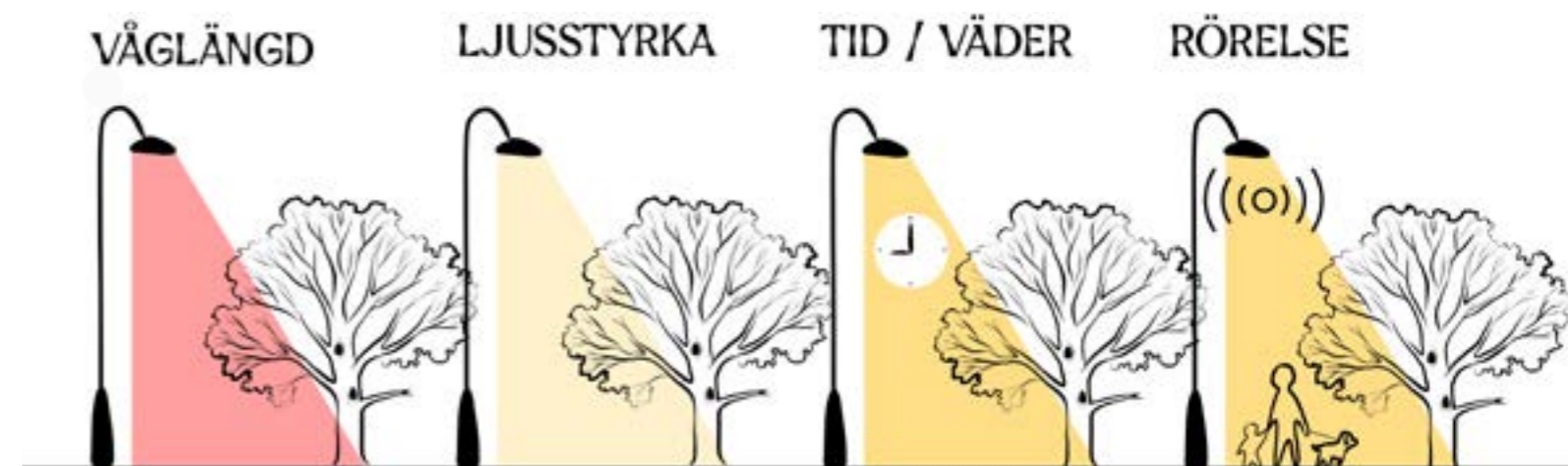
Genom att begränsa ljusstyrkan i utomhusbelysningen minskar vi andelen energi som lampan strålar ut, vilket innebär en begränsad ekologisk påverkan på omgivningen och minskad energiförbrukning. Hur mycket ljusstyrkan behöver begränsas för att negativ påverkan på arter inte ska uppstå varierar från art till art och än så länge finns få vetenskapliga studier av LED-belysningens ekologiska effekter med tröskelvärden gällande ljusstyrka för olika arter. Generellt kan dock sägas att påverkan på vilda djur kan ske redan vid belysningsstyrkor på 0,1-0,3 lux eller lägre, vilket är samma styrka som fullmånen. Många nattdjur är anpassade efter fullmånen som den starkaste ljuskällan på natten, vilken har en betydligt lägre ljusstyrka än våra gatlampor som vanligtvis är ungefär hundra gånger starkare än fullmånen på marknivå.

Att begränsa ljusstyrkan längs vägar kan samtidigt vara en utmaning i relation till säkerhet. Det finns inte minst en europeisk standard (EN 13201) med minimumrekommendationer för gångvägar och vägar som ligger långt högre än vad som har visat sig påverka fladdermöss (Eklöf & Rydell 2021). Detta innebär att det i relation till vägar gör det svårt, för att inte säga omöjligt, att begränsa ljusstyrkan på ett sådant sätt att både människor och fladdermöss blir nöjda. Det är således en stor utmaning att nå så låga ljusnivåer som faktiskt skulle behövas för enskilda arter och individer, men varje lampa med minskad ljusstyrka bidrar till minskad spridning av ljus till kringliggande grönområden.

Om alla aktörer samarbetar för lägre ljusstyrka kan vi också begränsa ljusinflationen som gör att olika byggnader, skulpturer, reklampelare och andra ljuskällor behöver tävla med varandra för att synas bäst. Med en generellt lägre ljusstyrka i landskapet får våra ögon en chans att vänja sig i mörkare miljöer. I kombination med tidigare nämnda avskärmning av ljuset kan risken för ekologisk påverkan begränsas.

Mjuka övergångar

Vi vill undvika att människor först blir bländade på en plats, för att sedan direkt komma ut i helt mörka utomhusmiljöer. För att få till trygga miljöer behöver vi därför zooma ut och se över helheten för att undvika stora kontraster mellan starkt ljus och mörker. För att undvika bländning bör ljusvinkeln ligga på under 85 grader, se tabell 3. Samtidigt kan ljusstyrkan med fördel sänkas på särskilda platser för att till exempel inte blända människor vid en tunnel eller innan de ska igenom en mörk park eller in på en kyrkogård.



Figur 11. Det finns flera sätt att anpassa belysningen för att minska påverkan på den biologiska mångfalden. Med ny teknik kan belysningen utformas med anpassad våglängd och ljusstyrka samt ändras utifrån tid, väder och närvaro på platsen.

VARMARE LJUS

Påverkan från artificiellt ljus beror inte enbart på styrkan hos lampan, även våglängden på ljuset spelar roll - olika våglängder hos ljuset har olika inverkan på olika arter, beroende på vilka våglängder de kan se eller påverkas av icke-visuellt (Jägerbrand 2018).

Med modern LED-teknik kan lampor konstrueras för att producera vilken spektral sammansättning som helst, vilket innebär att de kan designas utifrån olika arters preferenser vad gäller ljusets våglängd. Problemet är att preferenserna vad gäller ljusets våglängd kan skilja sig åt mellan arter, och kunskap saknas än så länge gällande flera artgruppers reaktioner på ljus. Den spektrala preferensen för till exempel en fiskart kan alltså vara annorlunda hos en specifik art av fågel. Den forskning som har gjorts på området visar ändå att de flesta djur har förmågan att uppfatta ultravioletta våglängder, medan de tenderar att vara ganska okänsliga för gult, rött och infrarött ljus med långa våglängder (Owens et al. 2020). Detta gäller dock inte alla migrerande fåglar, vilka istället har visat sig attraheras av längre och desorienteras av rött ljus (Åkesson 2020). Samtidigt har det visat sig att majoriteten av de insekter som har studerats främst attraheras av blått, kortvågigt ljus (Owens et al 2020) - vilket även är det spektrum som har högst påverkan på människors melatoninutsöndring och därmed dygnsrytm.

Att filtrera bort ljus under 540 nm, särskilt UV-ljus (ljus under 400 nm) gör ingen synlig skillnad för oss människor då vi inte uppfattar UV, men skulle minska påverkan hos de däggdjur, fåglar, fiskar, kräldjur och insekter som kan absorbera ljus i dessa våglängder (Jägerbrand 2018, Eklöf & Rydell 2021). Även dagsrytmen, som hos de flesta organismer styrs av ljus i de blå våglängderna, skulle påverkas mindre (Jägerbrand 2018). Ljuskällor med vitt ljus (<500 nm) bör undvikas helt i skyddade områden (Dick 2016). Ifall LED-lampor används bör dessa ha en färgtemperatur på maximalt 3000 K och skärm av så att inget ljus når på eller ovan horisonten och bakljuset mot i naturmiljöer begränsas.

Helst ska vattenmiljöer inte belysas alls eftersom risken är stor för ekologisk direkt eller indirekt påverkan av arter som kan vara skyddade (se kapitel 2). Ifall belysning av vattenmiljöer ändå måste anläggas på grund av säkerhetsskäl bör ljus med längre våglängder, som rött ljus, väljas utifrån principen att ljus med långa våglängder filtreras bort snabbare i vatten. Rött ljus riskerar dock att attrahera groddjur och fåglar på land, varför rött belysning bör användas ihop med avskärmning och nedsläckning (Jägerbrand 2018).

Observera att även om de flesta fladdermöss verkar tolerera rött ljus så finns det särskilt ljuskänsliga fladdermöss såsom *Myotis*-arterna som har visat sig undvika belysta ytor oavsett lamptyp (Stone et al. 2009, 2012, 2015, Azam et al. 2015, Lewanzik & Voigt 2016). Det finns alltså egentligen inga fladdermusvänliga lampor på marknaden idag, men rött ljus verkar vara den lindrigaste formen av ljus vad gäller påverkan på fladdermöss (Eklöf & Rydell 2021). Det röda ljuset har också visat sig spridas mindre i atmosfären och därmed inte bidra till ljusföroreningar i samma utsträckning som blått ljus (Falchi et al. 2011 och 2016).

Viktigt att betona är att ändring av färgtemperatur behöver ske i kombination av sänkt ljusstyrka för att påverkan på djur ska minimeras. Om budgeten är begränsad kan sänkt ljusstyrka, avskärmning, dimning eller nedsläckning av ljus i många fall vara billigare att genomföra än att installera nya lampor med längre våglängder, även om kombinationen är att föredra.

GÖR GENOMTÄNKA VAL

LED och moderna, uppkopplade armaturer ger idag goda möjligheter för kommuner att anpassa sin gatubelysning för att säkra en lägre energiförbrukning och minska mängden ljusföroreningar. Val av nya armaturer bör samtidigt ske utifrån platsspecifika förhållanden och helst tillsammans med en ekologisk kunnig belysningskonsult. Detta för att säkerställa att de positiva aspekterna av utomhusbelysning inte samtidigt skapar olägenheter för djur, växter eller människors hälsa. Att investering i bra och flexibla armaturer kan innebära en stor kostnad på kort sikt, men kan ge vinster på lång sikt, till exempel genom lägre driftskostnader, möjlighet att anpassa sig till nya lagar och förstås möjlighet till hänsyn till biolog mångfald.

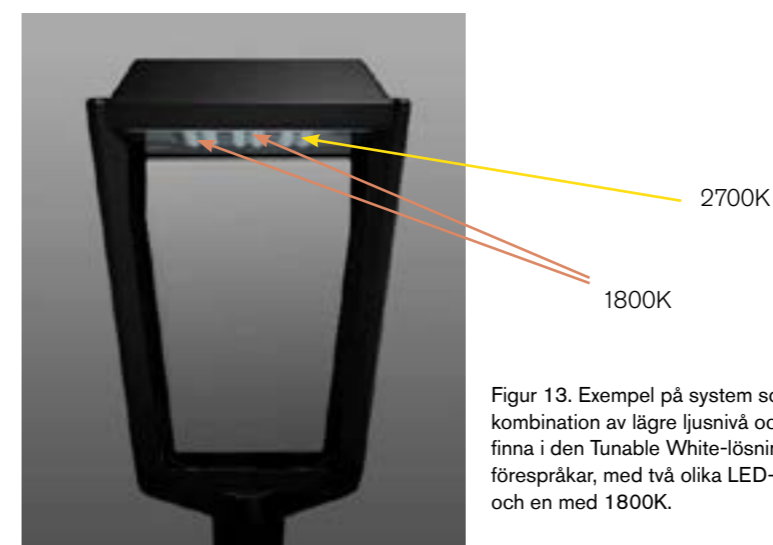
Produkter bör väljas utifrån en design som säkerställer att ljusspillet minimeras och som kan anpassas vad gäller ljusstyrka och färgtemperatur samt släckas och/eller dimras i relation till tid, årstid och väder. Idag finns flera system på marknaden som innebär en kombination av lägre ljusnivå och varmare ljus och som dessutom kan dimras på natten. För att rikta och avskärma ljuset med minimal spridning till omkringliggande miljöer är armaturer med bländskydd (a) och kåpa (b) att föredra (ILP 2021). Vidare kan man efterfråga att ljusdesignern/belysningskonsulten premierar armaturer som är IDA certifierade (International dark sky association).



Figur 12. a) Armatur med bländskydd. b) Armatur med avskärmande kåpa. Illustrationer från *Guidance Note GN01/21 The Reduction of Obtrusive Light* (ILP 2021).

Tips: CIE 150:2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd Edition

CIE 150:2017 är en internationell standard framtagen av *Commission Internationale de L'Eclairage* (CIE) som anger riktlinjer och rekommenderade gränsvärden för att begränsa utomhusbelysningens negativa konsekvenser på miljön. Vägledningen är framförallt tillämplig på nya belysningsinstallationer, men vissa råd ges även gällande korrigerande åtgärder som kan vidtas för befintliga armaturer. Guiden är framförallt utformad för att ge stöd till verksamheter inom planering, design och konstruktion av utomhusbelysning med strävan att begränsa påverkan på djur, växter och människors hälsa. CIE 150:2017 går att köpa och ladda ner på CIE:s hemsida.



Figur 13. Exempel på system som innebär en kombination av lägre ljusnivå och varmare ljus går att finna i den Tunable White-lösning som FLUX AB förespråkar, med två olika LED-moduler, en med 2700K och en med 1800K.

INFORMERA

För att skapa förståelse och acceptans för anpassad belysning och väcka nyfikenhet för nattlevande insekter behöver informationen spridas till fler. Kunskap om hur viktigt mörkret är för den biologiska mångfalden och oss människor har inte nått alla ännu. Det kan göras med hjälp av informationsinsatser som förklarar mörkrets ekologi och hur begränsad och anpassad belysning tar hänsyn till exempelvis fladdermöss och insekter. Efter att belysning har anpassats gällande exempelvis färg, styrka och närvaro kan skyltar som förklarar varför belysningen ser ut på ett visst sätt öka förståelsen och därmed acceptansen för det pastorala arbetet med ljusföroreningar.

Genom att föregå med gott exempel, släcka ner och anpassa ljuset på Falkenbergs kyrkogårdar kan vi få fler att förstå att mörkret är något värdefullt som vi alla behöver hjälpas åt för att ta hand om. Överdriven belysning som saknar betydelse för trygghet och säkerhet är exempelvis en lågt hängande frukt för förbättring. Det kan handla om estetisk fasadbelysning på kyrkor eller annan kyrkogårdsbelysning som lyser starkt dygnet runt inklusive alla de timmar då ingen är där och kan se den.

Glöm inte att även informera allmänheten om betydelsen av mörker. Vi ser en inflation av belysning av hus och trädgårdar i Sverige - här finns mycket att göra för att minska och anpassa den nattliga belysningen. Genom att skicka ut informationsblad med tips och information till kyrkans medlemmar kan fler inspireras till att minska mängden ljusföroreningar och gynna lokal biologisk mångfald. Om informationen sprids om belysningens effekter på den biologiska mångfalden, inklusive oss människor, kommer förhoppningsvis fler vilja bidra till den förändring som är nödvändig.



Figur 14. Genom att informera varför belysningen har ändrats på en plats ökar chanserna för att åtgärderna accepteras. Det kan till exempel handla om att sätta upp skyltar som beskriver att fasadbelysning på en kyrka släcks nattetid för att minimera skadan på fladdermusarten brunlångöra. Foto: Jens Rydell.

Referenser och lästips

Altermatt, F., A. Baumeier & D. Ebert. 2009. *Experimental evidence for male biased flight-to-light behaviour in two moth species*. Entomologia Experimentalis et Applicata 130: 259-265. Blackwell Publishing Ltd. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1570-7458.2008.00817.x>

Andrews, M., & Gatersleben, B. 2013. *When walking in nature is not restorative— The role of prospect and refuge*. Health and Place, 20, 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.01.001>

Appleton, J. 1996. *The experience of landscape* (Rev. ed.). Chichester: Wiley.

Ayalon, I., Y. Rosenberg, J. I. C. Benichou, C. L. D. Campos, S. L. G. Sayco, M. A. L. Nada, J. I. P. Baquiran, C. A. Ligson, D. Avisar, C. Conaco, H. U. Kuechly, C. C. M. Kyba, P. C. Cabaitan et al. 2021. *Coral Gametogenesis Collapse under Artificial Light Pollution*. Current Biology. Volume 31, Issue 2, Pages 413-419.

Azam, C., C. Kerbiriou, A. Vernet, J.-F. Julien, Y. Bas, L. Plichard, J. Maratrat & I. Le Viol. 2015. *Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats?* Global Change Biology 21.

BatLife Sweden. 2022. *Om fladdermöss*. <https://batlife-sweden.se/om-fladdermoss/> (Hämtad 2022-10-26)

Belysningsbranschen. 2013. *En ljusare framtid: att spara energi och miljö med smart belysning*. Tillgänglig online: https://ljuskultur.se/wp-content/uploads/2016/04/en-ljusare-framtid_2013_final_low.pdf (Hämtad 2022-10-25)

Boldogh, S., D. Dobrosi & P. Samu. 2007. *The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences*. Acta Chiropterologica 9: 527-534.

Boverket. 2012. *Plats för trygghet*. Tillgänglig online: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2010/plats-for-trygghet/> (Hämtad 2022-09-29).

Boverket. 2022. *Brotsförebyggande och trygghetsskapande åtgärder*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/brottsforebyggande-och-trygghetsskapande-atgarder/> (Hämtad 2022-10-26)

Boyes, D. H., Evans, D. M., Fox, R., Parsons M. S., and M. J. o. Pocock. 2021. *Street lighting has detrimental impacts on local insect populations*. Science advances. Vol 7: 25.

Ceccato, V., Vasquez, L., Langefors, L., Canabarro, A., Petersson, R. 2019. *En trygg stadsmiljö: Teori och praktik för brotsförebyggande & trygghetsskapande åtgärder*. Stockholm: Institutionen för samhällsplanering och miljö, Kungliga Tekniska Högskolan, 254 sidor.

CIE. 2017. *Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations*. 2nd edition. CIE 150:2017.

Commission Internationale De L'Eclairage. 2017. *CIE 150: 2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations*.

Dick, R. 2016. *Guidelines for Outdoor Lighting for Low-Impact Lighting™*. Adopted March 2008. Revised Spring 2016.

Dacke M., et al. 2021. *How Dung Beetles Steer Straight*. Annual Review of Entomology Vol. 66, 243-256. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-042020-102149>

Diego-Rasilla, F. J., Luengo, R. M. & Phillips, J. B. 2010. *Light-dependent magnetic compass in Iberian green frog tadpoles*. Naturwissenschaften 97(12): 1077–1088.

Downs, N.C., V. Beaton, J. Guest, J. Polanski, S.L. Robinson & P.A. Racey. 2003. *The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of Pipistrellus pygmaeus*. Biological Conservation 11: 247-252.

Eklöf, J. 2020. *Mörkermanifestet: Om artificiellt ljus och hotet mot en uråldrig rytm*. Natur & kultur Stockholm. Scandbook UAB Litauen 2020.

Eklöf, J. & J. Rydell. 2020. *Fladdermöss och belysning: Påverkan på Östergötlands fladdermusarter*. Nattbakka natur.

Erickson, Wallace P.; Johnson, Gregory D.; Young, David P. Jr. 2005. *A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions*. In: Ralph, C. John; Rich, Terrell D., editors 2005. Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas: Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference. 2002 March 20-24; Asilomar, California, Volume 2 Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. Albany, CA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station: p. 1029-1042.

Falchi, F., P. Cinzano, C.D. Elvidge, D.M. Keith & A. Haim. 2011. *Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility*. Journal of Environmental Management 92:2714-2722.

Falchi, F., P. Cinzano, D. Duriscoe, C.C.M. Kyba, C.D. Elvidge, K. Baugh, B.A. Portnov, N.A. Rybnikova & R. Furgoni. 2016. *The new world atlas of artificial night sky brightness*. Science Advances: 1-26 .

Franke, S., Brüning, A., Hölker, F. & Kloas, W. 2013. *Study of Biological Actions of Light on Fish*. Journal of Light and Visual Environment 37(4): 194–204.

Fränkel, C., & M. Tastare. 2020. *Nattstadsplanering i Sverige Förutsättningar och åtgärdsförslag*. Rapport ACE 2020:14. Chalmers tekniska högskola. Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik.

Harvard Health Letter. 2020. *Blue light has a dark side*. Harvard Health Publishing, Harvard Medical School. <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side> (Hämtad 2022-10-24)

Haim, Abraham och Abed E. Zubidat. 2015. *Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 2015 370:1667.

Heldin, J-O., & A. Jägerbrand. 2020. *Förlusten av mörker*. I tidsskriften Biodiverse, nummer 3, 2020.

Holst, E., Molin M., Viberg J., & S. Westerberg. 2022. *Nationella trygghetsundersökningen 2022 Om utsatthet, otrygghet och förtroende*. Brottsförebyggande rådet. Rapport 2022:9.

Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E.K., Tockner, K. 2010. *Light pollution as a biodiversity threat*. Trends in Ecology and Evolution 25, 681–682.

Institution of Lighting Engineers. 2021. *Guidance Notes GN01/21 The Reduction of Obtrusive Light*.

Lacoeuilhe, A., N. Machon, J.-F. Julien, A. Le Bocq & C. Kerbiriou. 2014. *The Influence of Low Intensities of Light Pollution on Bat Communities in a Semi-Natural Context*. PLoS ONE 9.

Lewanzik, D., & C.C. Voigt. 2016. *Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats*. J. Appl. Ecol. 54: 264-271.

Lewis, Sara. 2022. *Artificial light impacts the mate success of female fireflies*. Royal Society Open Science 9(8).

Karlsson, A., & D. Lundberg. *Trygg belysning för Jönköpings kyrkogårdar. Ett examensarbete i samarbete med Svenska kyrkan i Jönköping*. Examensarbete inom huvudområdet Produktutveckling med inriktning Ljusdesign, Tekniska Högskolan i Jönköping.

Kolkovski S, Dabrowski K. 1998. *Off-season spawning of yellow perch*. Prog Fish Cult 60: 133–136.

Knop, E., L. Zoller, R. Ryser, C. Gerpe, M. Hörler & C. Fontaine. 2017. *Artificial light at night as a new threat to pollination*. Nature 548: 206-209.

Kyba, C., & F. Hölker. 2013. *Do artificially illuminated skies affect biodiversity in nocturnal landscapes?* Landscape Ecology 28:9.

Kyba, C.C.M., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., Bennie, J., Elvidge, C.D., Gaston, K.J., Guanter, L. 2017. *Artificially lit surface of earth at night increasing in radiance and extent*. Science Advances 3, e1701528.

Macgregor, C.J., Evans, D.M., Fox, R., Pocock, M.J. 2016. *The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport*. Global Change Biology 23, 697-707.

Mondeverde. 2022. *SMART, SMARTARE, SMART LED™*. <https://mondeverde.se/ljusarevard/smart-led/> (Hämtad 2022-10-25).

Moore, M. V., Pierce, S. M., Walsh, H. M., Kvalvik, S. K. & Lim, J. D. 2000. *Urban light pollution alters the diel vertical migration of Daphnia*. Verh. Int. Verein. Limnol., 27: 779–782.

Nacka kommun. 2017. *Riktlinjer och förhållningssätt för offentlig belysning i Nacka*. Version 1 - 201706.

Nightingale, B., Longcore, T. & Simenstad, C. A. 2006. *Artificial night lighting and fishes*. I Rich, C. & Longcore, T. (red.) Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Island Press, Washington D.C., USA, 257–276.

Owens, A.C.S., P. Cochard, J. Durrant, B. Farnworth, E.K. Perkin & B. Seymoure. 2020. *Light pollution is a driver of insect declines*. Biological Conservation 241. Volume 241, January 2020, 108259.

Perkin, E.K., F. Hölker & K. Tockner. 2014. *The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects*. Freshwater Biology 59: 368-377.

Russo, D., L. Cistrone, N. Libralato, C. Korine, G. Jones & L. Ancilotto. 2017. *Adverse effects of artificial illumination on bat drinking activity*. Animal Conservation 20: 492-501.

Rydell, J. 1987. *Fladdermössen behöver kyrkorna*. Fauna och flora 82, 88–90.

Rydell, J. & J.R. Speakman. 1995. *Evolution of nocturnality in bats: potential competitors and predators during their early history*. Biological Journal of the Linnean Society 54: 183-191.

Rydell, J., J. Eklöf & S. Sánchez-Navarro. 2017. *Age of enlightenment: long-term effects of outdoor aesthetic lights on bats in churches*. Royal Society open science 4: 161077. doi: 10.1098/rsos.161077.

Rydell, J., & P. Wredin. 2021. *När natt blir dag. Belysning av kyrkor och brunlångörats försvinnande – kunskapsunderlag för handläggning av artskydd*. Länsstyrelsen Kronoberg.

Schroer, S. & H.Iker, F. 2016. *Impact of lighting on flora and fauna*. I Karlicek, R., Sun, C.-C., Zissis, G., & Ma, R. (red.) Handbook of Advanced Lighting Technology. Springer International Publishing, Switzerland: 1–33.

SFS 1998:808. *Miljöbalk*. Svensk författningssamling nr 1998:808. Miljö- och energidepartementet.

SFS 2007:845. *Artskyddsförordning (2007:845)*. Svensk författningssamling nr 2007:845. Miljö- och energidepartementet.

SFS 2010:900. *Plan- och bygglag (2010:900)*. Svensk författningssamling nr 2010:900. Näringsdepartementet.

Stone, E.L., G. Jones & S. Harris. 2009. *Street Lighting Disturbs Commuting Bats*. Current Biology 19: 1123-1127.

Stone, E.L., G. Jones & S. Harris. 2012. *Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats*. Global Change Biology 18:2458-2465.

Stone, E.L., S. Harris & G. Jones. 2015. *Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions*. Mammalian Biology 80: 213-219.

Trafikverket, 2018. *LED-belysningens effekter på djur och natur med rekommendationer: Fokus på nordiska förhållanden och känsliga arter och grupper*. Jägerbrand, A.K., Calluna AB, Linköping.

Van Doren, B. M., K. G. Hortin, A. M. Dokter, H. Klink, S. B. Elbinn, A. Farnsworth. 2017. *High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration*. Proceedings of the National Conservation Physiology 7:1. .

van Grunsven, R.H.A., M. Donners, K. Boekee, I. Tichelaar, K.G. van Geffen, D. Groenendijk, F. Berendse & E.M. Veenendaal. 2014. *Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models*. Journal of Insect Conservation 18: 225-231.

Voigt, C.C, C. Azam, J. Dekker, J. Ferguson, M. Fritze, S. Gazaryan, F. Hölker, G. Jones, N. Leader, D. Lewanzik, H.J.G.A. Limpens, F. Mathews, J. Rydell, H. Schofield, K. Spoelstra, M. Zagmajster. 2018. *Guidelines for consideration of bats in lighting projects*. EUROBATS Publication Series No. 8. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 62 pp. https://www.eurobats.org/publications/eurobats_publication_series

Whyte, C. 2019. *Light pollution's effects on birds may help to spread West Nile virus*. New Scientist, 24 july.

Zachos, E. 2016. *Too much light at night causes spring to come early*. National Geographic, 28 juni.

Zeale, M.R.K., E. Bennitt, S. Newson, C. Packman, W.J. Browne, S. Harris, G. Jones & E.L. Stone. 2016. *Mitigating the impact of bats in historic churches: the response of Natterer's bats Myotis nattereri to artificial roosts and deterrence*. PLoS ONE 11: e0146782.

Åkesson, S. 2020. *Fåglar och ljus*. I tidsskriften Biodiverse, nummer 3, 2020.