

RAPPORT:

Kartlegging av soneinndeling som verktøy og metodikk ved lyssetting langs norske veier



Bilde 1 Ropeid rasteplass, foto: Frid-Jorun Stabell

Wåseth, H.I., Strömberg, P., Bui, D.T., Christensen, T., Helgadóttir, G., Røysamb, R., Mork, R., og Zaikina, V. for Klima og miljøseksjonen - Statens Vegvesen

Dato: 13. juli 2022

Innhold

1.	Bakgrunn	5
2.	Forskningsmetode	6
3.	Forvaltning	7
4.	ROS- og LAC-rammeverkene som verktøy for målstyrt forvaltning	9
4.1.	Recreation Opportunity Spectrum (ROS)	9
4.2.	Limits of Acceptable Change (LAC)	10
4.3.	Indikatorer, standarder og tiltak	12
5.	Soneinndeling /Areal kategorier	12
5.1.	CIE soneinndeling	13
5.2.	IDA soneinndeling	14
5.3.	Sammendrag om soneinndeling	15
6.	Forvaltningsmetodikk for belysning	16
6.1.	Pilotområde	17
6.2.	Faser	18
7.	Diskusjon	31
8.	Konklusjon og videre arbeid	33

Forord

Rapporten bygger på kunnskapsgrunnlag utarbeidet høsten 2021 for arbeid med lysforurensning i vei- og gatelyssektoren i Norge. I rapporten er det lagt vekt på kartlegging av et sone- og lagsystem som metodikk for arbeid med å redusere lysforurensning. Elementer som turisme, næring, vernehensyn og naturmangfold er tatt med i betraktning.

Målet med prosjektet er å kartlegge muligheter og utfordringer innen soneinndeling av områder langs norske veier, med særlig hensyn til sårbar natur og turisme, basert på det kunstige lysets innvirkning. Hensikten er å utarbeide et utkast til en generell metodikk som kan benyttes ved planlegging av nye anlegg, ved vedlikehold og ved armaturbytte, og der det legges vekt på å minimere naturpåvirkning fra lysanlegg i området. I første omgang er hovedfokuset på lyssetting langs nasjonale turistveger, veier som går tett på vernede naturområder, tilhørende rasteplasser og utkikkspunkter. Metodologien skal kunne anvendes av statlige etater, fylkeskommuner og kommuner. Dette prosjektet danner grunnlaget for senere verifisering av utarbeidet metode i et forskningsprosjekt, og deretter utarbeiding av en veileder med retningslinjer og konkrete forslag til lyssetting og reduksjon av lysforurensning i denne typer områder i Norge.

I denne rapporten kartlegges parametere som bør tas hensyn til ved opprettelse av soner langs norske veier, særlig med hensyn til lysforurensning, sårbare naturområder og steder med turistverdi. Det beskrives et avgrenset område i Rondane som eksempel på bruk av verktøyet. Deler av verktøyet er generisk, og deler kan tilpasses lokale hensyn, særlig sårbare arter, ulike sesonger eller når nye behov oppstår.

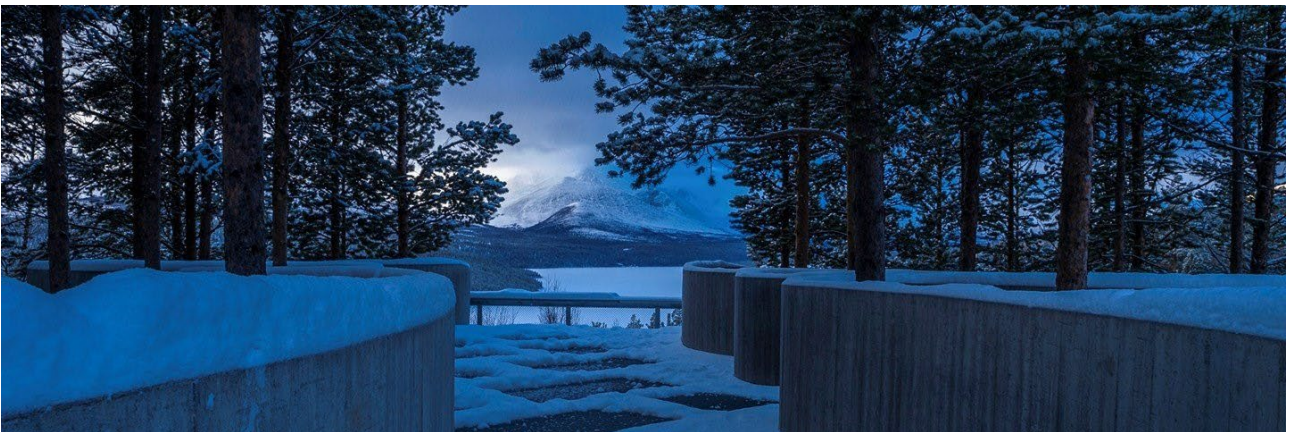
Rapporten er skrevet av ansatte ved Institutt for Økonomi og IT – Handelshøgskolen - Universitetet i Sørøst-Norge (USN): professor Guðrún Helgadóttir, førsteamanuensis Per Strömberg og professor Dieu Tien Bui sammen med ansatte fra Institutt for optometri, radiografi og lysdesign - Arkitektonisk lysdesign - USN: førsteamanuensis Veronika Zaikina, førsteamanuensis Randi Mork, faggrupeleder Are Røysamb, professor Il Terje Christensen og stipendiat Helga Iselin Wåseth.

Oslo, 13. juli 2022

Sammendrag

Flere studier viser at lysforurensing kan ha negative effekter på naturmangfold og at det påvirker observasjon av stjernehimmelen og naturlige lysfenomener som nordlys. Samtidig er kunstig lys om natten viktig for trygg ferdsel utendørs etter solnedgang og må tilpasses de ulike behov på best mulig måte. Metodikken er utviklet med utgangspunkt i forvaltningsmetoder fra turismefaget og teorier innen belysning.

Rammeverkene ROS (Recreation Opportunity Spectrum) og LAC (Limits of Acceptable Change) er benyttet som utgangspunkt for metodikken, da disse presenterer gode metoder for målstyring. I tillegg benyttes GIS (Geographical information System) for å innhente informasjon om det valgte området. Som en del av verktøyet vil soneinndeling, hentet fra CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) og IDA (International Dark-sky Association), benyttes aktivt for å skape løsninger som er best mulig tilpasset hvert enkelt delområde. Grunnlag for foreslåtte tiltak for belysning er hentet fra ulike forskningslitteratur innen belysning, biologi og naturforvaltning, i tillegg er mye hentet fra gjeldende standarder og forskrifter innen belysning. Resultatet er skissene til en verktøykasse eller metodikk til bruk for vegeiere ved vurdering av tiltak, knyttet til belysning, for veinett som går gjennom eller tett på sårbar natur og nasjonalparker. I tillegg skal det gi metoder for å kunne tilpasse belysningen for å understøtte opplevelsen av naturlig mørke ved nasjonale turistveger og tilhørende rasteplasser. På sikt vil metodikken kunne utvides til å gjelde et bredere spekter av områdetyper. Som ramme for metodikken er et område i Rondane valgt, dette for å knytte arbeidet til konkrete problemstillinger.



Bilde 2 Sohlbergplassen, foto: Verner Harstad, SVV

1. Bakgrunn

I denne rapporten videreføres arbeidet fra notatene *Lysforurensning og mulige tiltak i nordisk kontekst* (Zaikina et al., 2021) og *Naturturisme, utfordringer og muligheter ved bruk av kunstig belysning* (Helgadottir et al., 2021) utarbeidet ved USN høsten 2021, på oppdrag fra Statens vegvesen. Formålet med rapporten er å øke kunnskapen blant norske vegeiere om miljøvennlig lysdesign. Målsettingen er å gjøre vegeiere i bedre stand til å kunne vurdere den samlede effekten av lysforurensning, og foreslå konstruktive forslag for å redusere lysforurensning. Her utarbeides en metode for analyse og kartlegging av lysforurensning, samt forvaltningstiltak som kan bidra til å minimere lysforurensning. Ved hjelp av kartlegging, analyser og soneinndeling skal tiltakene være målrettede.

I Norge er det 97 746 km offentlig vei. I tillegg kommer private veier som i lengde måler omtrent like mye som det offentlige veinettet. Veien er den eldste og fremdeles et av de viktigste elementer i transportinfrastrukturen. I Norge var der 2020 registret 2.882.233 personbiler og 81.7% av alle reiser ble gjennomført med privatbil (SSB, n.d.). I tillegg til innbyggere har Norge hatt opptil 6.000.000 utenlandske turister etter 2015 (Statista, 2022). En hollender ble landets første internasjonale bilturist i 1900 (Kagge, 2015) men i 2019 brukte 94% av utenlandske turister bil eller bobil under Norgesturen (Innovasjon Norge, 2019). Økningen i biltrafikk medfører økt press på å sikre at veiene er trygge og effektive, og at de er konstruert slik at klima- og miljøbelastningen blir minst mulig. Samtidig har veibelysning en betydelig effekt på lysforurensningsnivået (Hiscocks & Guðmundsson, 2010; Li et al., 2021).

Norge har en vei å gå for å nå målene om 50-55% kutt i klimagasser i forhold til 1990-nivå (OECD, 2022). Verdens dyrebestander er anslagsvis halvert på 40 år, og de er avhengige av intakte økosystemer (WWF, 2014) og stadig flere norske arter karakteriseres som truet, blant annet på grunn av arealbruk til landbruk, skogbruk og utbygging til veier og bebyggelse (OECD, 2022). Mange områder i Norge er vernet gjennom Naturmangfoldsloven, som nasjonalpark, naturreservat eller landskapsvernområde. I dag er 17,6% av fastlandsarealet i Norge vernet (Miljødirektoratet, 2022). Men dette vernet omfatter ikke belysning, selv om nyere forskning viser at lys påvirker et bredt spekter av arter og innskrenker deres habitat (Follestad, 2014; Sanders et al., 2020). Ifølge Jägerbrand og Bouroussis (2021) er mange naturvernområder eksponert til belysning som kan ha ukjente effekter på økosystemet som skulle vernes. Belysning er en viktig faktor som kan påvirke økosystemene og som er med på å innskrenke dyrebstandenes habitater. Derfor er det viktig med tydelige mål for reduksjon av lysbruken langs norske veier.

Samtidig innebærer redusert belysning langs veier en mulighet for å utvikle nisjeturisme for vilt- og astroturisme der redusert belysning og/eller fravær av belysning, gir en forutsetning for reiselivsopplevelser i en ny kontekst. Reiselivsnæringen, som bruker kunstig lys i stor grad, bør ta bærekraftige grep for å ivareta mulighetene for lokale og tilreisende. Dette er også viktig i et helse- og velværeperspektiv. Tiltak som soneinndeling, nattlysparker, bærekraftige lysdesignprogram og pilotprosjekt om nasjonale turistveier kan gi gode grunnlag for tilrettelegging av opplevelse av naturlig lys (Helgadóttir et al., 2021; Zaikina et al., 2021).

Hensikten er å lage en metodikk som benyttes ved kartlegging, planlegging og forvaltning av belysning i ulike områdetyper, knyttet til bevaring av naturlig mørke og hvordan negative effekter på naturmangfold kan minimeres.

2. Forskningsmetode

I denne rapporten er teori om soneinndeling, naturforvaltning og belysning vurdert og koblet sammen til en metode, der GIS benyttes som hjelpemiddel ved analyser. Det er utført litteraturstudier og analyse av dokumenter som i hovedsak berører forvaltning av friluft- og naturområder og som beskriver retningslinjer for belysning. Gruppen har vurdert ulike systemer for soneinndeling for å komme frem til en metode som kan benyttes ved forvaltning av lys i ved naturområder. I tillegg er det vurdert metoder for forvaltning av turisme i naturområder, der disse også er tilpasset belysningsspørsmål. Basert på litteraturen har vi identifisert indikatorer og brukt GIS til en kartlegging av disse for Rondane Nasjonalpark og tilgrensende område som pilot. Pilotområdet og indikatorene er nærmere beskrevet i kapittel 6, der vi legger frem en modell for soneinndeling for nattlys.

GIS er et IKT-verktøy som lar forskere studere virkelige romlige data og engasjere dem i verktøyfremstilling som f.eks. utvikle metoder for analyse og tolkning av dataene som styrker kritisk romlig tenkning (Kim & Bednarz, 2013; Hwang, 2013) og forskningsretninger (Summerby-Murray, 2001). De ulike metodene for datainnsamling, organisering og presentasjon i GIS bidrar til å fremme en felles forståelse av komplekse problemer blant ulike interessenter (Hwang, 2013). I dette prosjektet brukte vi ArcGIS Desktop 10.8 til å konstruere GIS-databasen for Rondane nasjonalpark ved bruk av Environmental Systems Research Institute (ESRI) geodatabase-format. GIS kan brukes på forskjellige måter for å forstå arkitektoniske og planmessige problemer i all deres kompleksitet, og koble dem til de mange forskjellige aspektene ved et romlig miljø. Slike systemer kan administrere, visualisere og kontinuerlig overvåke en enorm mengde data og informasjon fra flere kilder og produsere romlige analyser som kan støtte identifiseringen av områder hvor endringer er

påkrevd (Almeida, et al 2021). På arkitekturområdet ble GIS opprinnelig brukt til regional- og byutvikling, og deretter blitt utvidet til byplanlegging og forvaltning.

Vi har valgt å bruke GIS-verktøy for å få den mest oppdaterte informasjonen som kreves for å danne «informasjonslag» relevant for regulering og planlegging av områdene med ulike potensialer for lysforurensning i Norge. Disse lagene vil danne det mest oppdaterte og kraftige grunnlaget for analyse, design og styring av romlige data for å støtte informerte beslutninger. I fase 1 benyttes GIS som en del av arbeidet med å innhente data om området, i fase 2 benyttes det i analysearbeidet.

3. Forvaltning

Målstyrt forvaltning er basert på faktakunnskap om de fenomener man ønsker å målstyre, i dette tilfellet a) belysning b) effekter av turisttrafikk c) sikkerhet langs veier d) energibruk. For målstyrt forvaltning vil det være nødvendig å utvikle indikatorer, dvs. et sett av målbare egenskaper, samt å fastsette standarder for akseptable endringer i miljø, bruk og sosiale forhold, som det oppnås enighet om blant brukerinteressene gjennom formaliserte prosesser hvor de ulike aktørgruppene deltar på en forpliktende måte (Andersen et al., 2011). Se videre om dette i diskusjon om LAC i kapittel 4.2. Forvaltere kan være grunneiere, statlige verneorganisasjoner og veimyndigheter i forskjellig utstrekning. Interessenter kan være hytteeiere, fugletittere, sport- og turforeninger og reiselivsbedrifter.

Kunstig lys i naturen, på tidspunkter hvor det naturlig ville vært mørkt, er en form for forurensning, fordi lyset er et signalstoff som påvirker arter i naturen på ulike måter, enkelte arter trekkes mot lyset, andre trekker seg unna lyset (Zaikina et al., 2021). Derfor er det viktig å sette opp rammer for forvaltning av kunstig belysning, for å minimere de negative effektene på naturen. Lysforurensning er et eksempel på en negativ eksternalitet, bruk av belysning et sted kan ha en negativ innvirkning på tiliggende områder, både i form av strølys som er til sjenanse eller ulempe for mennesker, men også med tanke på lysets negative effekter på naturen.

Stone T. (2018) mener at lysforurensning er et moralsk tema. Han fremhever verdien av mørke som en ressurs som vi er i ferd med å miste og at det er stort potensiale i å designe ikke bare for mindre lysforurensning, men begynne å designe med mørke. Det handler om å se på lyset som en ressurs som skal forvaltes på en optimal måte, gjennom nennsom lysbruk og godt designede løsninger kan det naturlige mørket bevares i så stor grad som mulig. I den sammenhengen kan det være nyttig å se på mulighetene økt forvaltning av belysning kan gi:

- Økt forpliktelse til bevisst bruk av lys i alle forvaltningsledd
- Positive effekter for naturmangfold
- Utvikling av nattlysturisme
- Lysdesign som verktøy, bl.a. i destinasjonsutvikling
- Reduserte utgifter til elektrisitet

Når det gjelder bærekraftig belysning er det viktig å skille mellom energieffektivitet og naturpåvirkning. Energieffektiv belysning er gjerne kaldere (har lavere bølgelengde) og naturpåvirkningen er dermed større siden kaldt lys i større grad spres i atmosfæren (Falchi et al., 2016), og fordi mange arter påvirkes mest av det kalde lyset. En viktig faktor å være oppmerksom på er også tilbakevirkningseffekten (en. *Rebound Effect*); en uforutsett eller utilsiktet konsekvens av teknologi som var ment å redusere en miljøeffekt (Aall & Walnum, 2013). Når det gjelder ny lysteknologi, betyr dette at reduksjonen i energiforbruket kan bli lavere enn forventet, fordi belysningen blir mer tilgjengelig, men en ekstra dimensjon som gjelder den nye lys teknologien er at den også har et betraktelig større lysutbytte (Blum et al. 2018). Enkelte forskere peker på et viktig paradoks når det gjelder den nye energieffektive teknologien som markedsføres som bærekraftig i klimahensyn. Mye tyder på at den på den andre siden har problematiske bivirkninger med hensyn til naturpåvirkning (Schulte-Römer et al., 2019).

For å sikre en bærekraftig forvaltning av belysning, vil det være nødvendig å opprette lokale retningslinjer for delområder, som f.eks. hyttefelt og områder som kan utvikles til nattlyspark, samt langs veier som krysser gjennom eller flankerer områder med særskilte vernehensyn. Follestad A. (2014) skriver at føre-var-prinsippet bør benyttes ved lyssetting, han peker på at mye forskning bør utføres før sikre konklusjoner kan trekkes om lysets påvirkninger. Jägerbrand og Bourossis (2021) trekker også frem føre-var-prinsippet og mener at det bør brukes i forvaltningsplaner for vernede områder for å kontrollere lokale virkninger.

Som en del av en strategi for bærekraftig forvaltning er det også viktig med kunnskapsheving blant alle interessenter, særlig brukere av området. Forskning på turistadferd i verneområder viser at å informere om effekter av atferd er mer forebyggende enn å forby den (Marschall et al., 2017). Det er generelt lite kunnskap i samfunnet om belysningens negative effekter. Mye kan tyde på at folk vil akseptere mindre lys dersom de er godt orientert om de skadelige effektene det kunstige lyset kan ha.

Forvaltning er en del av en bærekraftig destinasjonsutvikling, dvs. utviklingen av sted til en attraksjon og mål for tilreisende (Kamfjord, 2016). Engasjement blant lokale og nasjonale interessenter som grunneiere, næringsliv, kultur og naturforvaltning, innbyggere, myndigheter og instanser, er avgjørende for en suksessrik destinasjonsutvikling og forvaltning (Morrison, 2018). Slikt engasjement kan være en ressurs, og kartlegging av interessenter er derfor like viktig som kartlegging av kultur og naturskatter i destinasjonsutviklingen.

I denne rapporten er det valgt å bruke soneinndeling som utgangspunkt for å kunne ta høyde for ulike behov i forskjellige områdetyper og for å synliggjøre dette i relasjon til forvaltning av de analyserte områdene (Zaikina, 2021). Siden verktøyet i denne rapporten må være nyttig for å analysere og vurdere mange ulike hensyn i sammenheng, er flere ulike soneinndelingssystemer vurdert i prosessen. De mest aktuelle presenteres i det følgende.

4. ROS- og LAC-rammeverkene som verktøy for målstyrt forvaltning

I dette kapittelet drøftes ulike metoder for målstyrt forvaltning der deler av disse benyttes i utviklingen av en metodikk for reduksjon av lysforurensning i tilknytning til veier og rasteplasser med nærhet til friluft- og naturvernområder. Det helt essensielle spørsmålet er hvor nyttig en attributorientert forvaltning og planlegging egentlig er for brukerne. Faren er helt opplagt at planleggingen kan utvikle seg til en akademisk og institusjonell øvelse som evner å påvirke bare noen få prosent av brukerne. Ifølge Andersen m.fl. (2011) oppstår da følgende spørsmål:

- Hvilke egenskaper i naturmiljøet er det besøkende og brukere innenfor naturbasert turisme prefererer eller etterspør?
- Hva er de styrende faktorene for hvordan reise- og friluftsliv og andre bruksformer utøves i et landskap?
- Hvilken betydning har annen arealbruk på bruksmønster og opplevelser?
- Hvordan kan man utforme en forvaltning som er på linje med overordnede målsettinger for området?
- Hvilke virkemidler kan brukes for å redusere negative effekter av bruken og samtidig forsterke de positive effektene?
- Hvordan kan man integrere friluftsliv forvaltningen med annen ressursforvaltning for å forebygge og/eller redusere konflikter?

4.1. Recreation Opportunity Spectrum (ROS)

Innenfor arealplanlegging av rekreative naturområder brukes ofte ROS (en. *Recreation Opportunity Spectrum*), en metode som er mye brukt i USA. Det er et konseptuelt rammeverk som oppmuntrer til mangfold i friluftaktiviteter og bruker soneinndeling (en. *zoning*) som planleggingsinstrument for å håndtere arealbrukskonflikter. En underliggende antakelse av ROS-systemet er å forholde seg trinnvis til påvirknings- og eksploateringsgraden i arealer, fra urban til villmark, slik at planleggeren kan tilby et spekter av rekreasjonsmuligheter (se tabell 1).

Mer presist handler prinsippet om å trinnvis definere menneskelig aktivitet i naturområder: fra lav til høy påvirkning når det gjelder naturmiljø; fra få til mange besøkende relatert til sosialt miljø og trengsel (en. *crowding*); og fra lav/usynlighet til høy/synlighet knyttet til logistikk og ledelse av arealene.

ROS har tre til syv ulike arealkategorier definert av et sett indikatorer og standarder som beskriver mulighetene for naturbasert turisme. Disse arealkategoriene kan overvåkes og man kan identifisere påvirkning og også identifisere effekten av ulike tiltak som iverksettes over tid.

Tabell 1. Tabell av Andersen et al., (2011) av opprinnelig soneringsinndeling ifølge klassisk ROS-modell fra USDA Forest Service (Merrim, Wollmuth & Schomaker, 1985).

Arealkategori	Beskrivelse
Primitive	Det finnes mulighet for å isolere seg og følelsen av å være helt alene. Kjenne seg som en del av naturen. Området gir stor mulighet for å utfordre sine ferdigheter og kunnskap om friluftsliv.
Semi-primitive, non motorized.	Det finnes en viss mulighet for å isolere seg. Stor mulighet for å oppleve stillhet og ro i naturen.
Semi-primitive, motorized	Som over, men i tillegg en mulighet for å bruke motoriserte hjelpemidler.
Rustic	Bra mulighet for å isolere seg og treffe andre brukergrupper. Store naturopplevelser. Lavrisiko områder med relativ god tilrettelegging. Mulighet for både motoriserte og ikke-motoriserte hjelpemidler.
Concentrated	Mulighet for å treffe andre besøkende er stor. Høy grad av tilrettelegging og service. Stort fokus på aktivitetsmuligheter. Tilrettelagt natur.
Modern urbanized	Domineres av tilrettelegging og urbane strukturer. Stor service.

I korthet definerer soneinndelingen turismetyperne og andre rekreasjonsaktiviteter som passer til forskjellige fysiske områder og økosystemer. Dessuten hjelper det håndteringen av besøkendes påvirkninger for å sikre at de ikke overstiger akseptable nivåer. I tillegg øker det bevisstheten til reiselivsinteressenter om miljøverdiene til økosystemet og naturressursene (Holden, 2016). ROS-tilnærmingen forutsetter en kunnskapsinnhenting som er systematisk og som også er i stand til å beskrive mangfoldet av bruk i området. Den utgår også ifra at friluftslivsutøverne er en heterogen gruppe med ulike preferanser.

4.2. Limits of Acceptable Change (LAC)

En annen tilnærming ved soneinndeling som legger til rette for en dialog med brukerne er (en.) *Limits of Acceptable Change*. LAC inkluderer flere elementer fra ROS-metoden, for eksempel en trinnvis skala mellom urørt og urban. Den kan betraktes som en videreutvikling av ROS. LAC skiller seg fra ROS med et mye mer bevisst og inkluderende planleggingsperspektiv. Man har i tillegg inkludert begrepet endring/change fordi naturen oppfattes som et dynamisk system i kontinuerlig eller rask forandring. LAC-prosessen består av følgende trinn:

1. Identifisere fokusområder med spesielle utfordringer.
2. Definere og beskrive forvaltningsmålene.
3. Velge indikatorer for miljøtilstand og bruk.
4. Registrere miljøtilstand og bruk.
5. Spesifisere standarder for miljøtilstand og bruk.
6. Spesifisere alternativer.
7. Identifisere forvaltningstiltak for hvert enkelt alternativ.
8. Evaluere og velge et alternativ.
9. Iverksette tiltak og overvåke utvikling av tilstand.

LAC kan sees på som en operasjonalisering av ROS-modellen ved at både forvaltere og brukere i fellesskap blir enige om normer for ønskede miljøforhold innen de ulike rekreasjonsklassene. Fordelen med LAC er at den inkluderer brukerne på en bedre måte enn ved klassisk ROS-planlegging. Utfordringen er at prosessen kan bli tidkrevende, komplisert og kostbar. Andersen et al., (2011) foreslår en forenklet LAC-prosess i tre hovedfaser for forvaltning og utvikling av verneområder i Norge, som kan lage et grunnlag for en utviklingsprosess av soneinndeling. I denne rapporten ønsker vi å videreutvikle denne fremgangsmåten gjennom å inkludere fire faser (se tabell 2).

Tabell 2. Hovedfaser for forvaltning og utvikling av lysanlegg i og ved verneområder i henhold til nattlysturisme. Videreutviklet av rapportens forfattere ut ifra Andersen m. fl. (2011).

Fase I	Den objektive og beskrivende delen av prosessen, der eksisterende kunnskap innhentes og systematiseres i en situasjonsbeskrivelse med prioritering av problemstillinger. I denne fasen opprettes kontakt til interessenter og deres innspill kan innhentes gjennom brukermøter og medvirkning. Fasen munner ut i en liste over særlige hensyn og interessekonflikter.
Fase II	Handler om de verdivalgene man gjør for å definere akseptable nivåer for påvirkning. I denne fasen analyseres data fra fase 1, som systematiseres i lag og soneinndelinger som videre benyttes som grunnlag for utkast til indikatorer og forvaltningstiltak for hver sone.
Fase III	Basert på foregående fase utarbeides en definisjon av indikatorer med tilhørende forvaltningstiltak og tilhørende prioriteringsliste. Fasen bør ledes av vernemyndigheter, her gjøres valg av implementeringstiltak med strategier for gjennomføring i aktiv samhandling og medvirkning fra involverte aktører og berørte interessenter. Modellene for medvirkning tilpasses i hvert enkelt tilfelle.
Fase IV	Handler om implementering av forvaltningstiltakene og registrering av videre utvikling av tilstanden i forhold til de målene som er satt. Den siste fasen må også ha rom for korreksjon av tiltakene.

Fase I er kartlegging som brukes som kunnskapsgrunnlag for prioriteringer i videre planlegging i fase II. Fase III er utforming av tiltak som realiseres og revideres i fase IV. Disse fasene beskrives ytterligere i kapittel 6.2.

4.3. Indikatorer, standarder og tiltak

En viktig del av ROS og LAC metodene er kvantifisering ved hjelp av indikatorer. Vi ønsker å innlemme et indikatorsystem i verktøykassen, da det gir større muligheter for målstyring. Eksempler på *indikatorer* er slitasje på vegetasjon (på stier, teltplasser, bålplasser, parkeringsarealer etc.); antall besøkende i et område i et gitt tidsrom (forstyrrelser på dyreliv); antall passeringer langs en sti på et gitt tidspunkt (trekkbarriere villrein); eller antall tilretteleggingstiltak (knyttet til brukertilfredshet og besøksopplevelse), for eks. lysforhold, trygghet, muligheten til å se stjerner eller opplevelsen av trengsel). Når det gjelder lys kan ikke indikatorene knyttes til synlig slitasje, men heller til lysets potensielle påvirkning på naturen. Dette gjelder påvirkning på leddyr, fisk, amfibier, fugl, planter og pattedyr (K.J. Gaston & J. Bennie, 2014) og ikke minst mennesker, som trenger lys for å kunne se samtidig som at det er et viktig bidrag for trygghetsfølelse. I tillegg påvirker lysforurensning utsyn til den naturlige nattehimmelen, noe som av UNESCO er ansett som en viktig del av verdensarven (UNESCO, 2016).

Standarder på sin side angir nivået for indikatorene der endringene er akseptable eller ikke. Standardene vil være på et "politisk" nivå, ofte tilknyttet lovverk, men kan også utvikles i dialog med de viktigste brukerinteressene. Standarder er i belysningssammenheng ofte hentet fra forskningslitteratur eller normer, håndbøker og standarder som gir konkrete terskler for nivåer eller grad av påvirkning. Ved spesifisering av standarder vil man ta utgangspunkt i dagens situasjonsbeskrivelse og nivå, og enten opprettholde eksisterende miljøtilstand eller sette nye fremtidsmål. Standardene må være spesifisert på nivå som gjør dem anvendelige for overvåking og evaluering i en dynamisk prosess av revisjon og videreutvikling (Andersen et al., 2011).

5. Soneinndeling /Areakategorier

Soneinndeling er et velkjent forvaltningstiltak, som vi har sett i beskrivelsen av ROS og LAC ovenfor. Irske veimyndigheter benytter et sonesystem som er hentet fra *Guidance notes for the reduction of obtrusive light* utgitt av Institution of Lighting Professionals. I den norske Luxtabellen 1C, kapittel 5.5 Strølys (Lyskultur, 2016), henvises også til soner, basert på hvor mørke omgivelsene er. Hvordan denne soneinndelingen virker i praksis er et felt som er verd å se nærmere på. henhold til lysforurensing er det ikke så enkelt å fastsette grensene til soner og arealer ettersom lyset ikke stopper uten en fysisk barriere, derfor vil lys som er tiltenkt veibanen også påvirke tilgrensende områder. Dette gjelder for eksempel lysets tiltrekning på enkelte arter,

der man på åpent hav kan se at lyset kan tiltrekke arter 3-5 km unna lyskilden (Jägerbrand og Bouroussis 2021 s.13).

Det er også tilsvarende eksempler på arter som holder seg borte fra belyste områder. Mange arter påvirkes av helt lave lysnivåer, forskjellen mellom fullmåne og nymåne er nok selv om lysnivåene ved fullmåne er så lave som 0,1 – 0,3 lux (Rich & Longcore, 2006). Dette sier noe om hvor marginale nivåer kan utgjøre en forskjell for enkelte arter. De mest sensitive artene er de som vil oppleve at deres habitat innskrenkes mest. Hvor langt lyset strekker seg inn i tilgrensende områder kommer an på belysningens art, samt topografi og andre skjermende elementer som hus og trær. Det å benytte soneinndeling ved lysplanlegging som en del av en forvaltningsplan er nevnt av Jägerbrandt og Bouroussis (2021). De nevner i sin rapport IDA og CIE's soneinndelingssystemer. Vi har sett på et utvalg metoder for soneinndeling for reduksjon av lysforurensning fra gate- og veibelysning og har utviklet en metode som knytter ulike aspekter sammen som; bruk, dagens lyspåvirkning og sårbare naturtyper i området, og turisme/rekreasjonsmuligheter.

5.1. CIE soneinndeling

I rapporten Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations (CIE, 2017) har Commision Internationale de l'Eclairage (CIE) utviklet en soneinndeling basert på omgivelseslys i området. CIE definerer fem lyssoner, (E0-E4) som går fra «naturlig mørk» (intrinsically dark) til “område med høyt lysnivå” «High district brightness». Bortle Dark-sky class er en 9-punktsskala som beskriver hvor mørk nattehimmelen er og går fra 1 -de mørkeste stedene du kan finne på jorda til 9, som beskriver himmelen over bysenter i store byer. I tabell 3 viser vi CIE soneinndeling og Bortle Dark-Sky klassifisering med eksempler på områder i sonene E0-E4 i CIE systemet og kategoriene 1-9 i Bortle Dark-Sky Class systemet.

Tabell 3. Hentet fra Jägerbrand og Bouroussis (2021), tabellen viser CIE's lyssoner og tilhørende Bortle Dark-sky class*, som kan gi en indikasjon på hvor mørkt området er.

Zone	Lighting Environment	Examples	Bortle Dark-Sky Class
E0	Intrinsically dark	IDA Dark Sky Parks, areas dark enough to see the Milky Way.	Class 1. Excellent dark sky.
E1	Dark	Relatively uninhabited rural areas.	Classes 2-3. Dark and rural with small amounts of lighting.
E2	Low district brightness	Sparsely inhabited areas.	Classes 4-5. Rural transition and suburban with little lighting.
E3	Medium district brightness	Well-inhabited rural and urban settlements	Classes 6-7. Light suburban sky and suburban-urban transition.
E4	High district brightness	Town and city centres and other commercial areas.	Classes 8-9. City sky and city centres. Very bright.

CIE-sonene ligger til grunn for verdier for lysnivåer i ulike situasjoner, som vertikal belysning mot eiendommer, lys over armaturens horisontlinje, både fra armaturen og anlegget som helhet samt belysning fra fasader og lysskilt. Disse parameterne benyttes ved utarbeiding av målbare tiltak (tabell 6) i kapittel 6.2 i denne rapporten.

I NS-EN 12464-2 benyttes en lignende soneinndeling, her med fire soner. Denne tabellen ligger til grunn for Luxtabellen 1C's tabell som gjelder strølys (Lyskultur, 2016, Kap.5.5).

Tabell 4. Tabellen viser soneinndeling benyttet i Luxtabellen 1C, "Luxtabell og planleggingskriterier for belysning av utendørs arbeidsplasser".

Type område	Belysningsstyrke mot nærliggende eiendom		Lysstyrke fra armatur		Opplys R_{UL} (%)	Luminans	
	E_v Lx	E_v Lx	I cd	I cd		L_b cd/m ²	L_s cd/m ²
	Fullt nivå ^{a)}	Nedregulert nivå ^{a,b)}	Fullt nivå ^{a)}	Nedregulert nivå ^{a,b)}		Bygningsfasade	Skilt
E1	2	0 ^{c)}	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000

5.2. IDA soneinndeling

International Dark-Sky Association (IDA) og Illuminating Engineering Society (IES) i USA har utviklet Lighting zones (LZ0-LZ4). Bruken av lyssoner (LZ) ble opprinnelig utviklet av International Commission on Illumination (CIE), som presentert i forrige kapittel. På dette tidspunktet anbefaler IDA bruk av fem (5) nattlyssoner utendørs som i høy grad overlapper med CIE sine belysningssoner: (LZ0: Ingen omgivelseslys; LZ1: Lavt omgivelsesbelysning; LZ2: Moderat omgivelsesbelysning; LZ3: Moderat høy omgivelsesbelysning; LZ4: Høy omgivelsesbelysning).

I praksis ser det imidlertid ut til at IDAs retningslinjer for nattlysparker og reservater er basert på en forenklet sentrum-periferi-tilnærming, uten disse inndelte arealkategorier. Ved utvikling av nattlysparker utgår man for eksempel ut fra to arealkategorier: (1) et «kjerne»-område som oppfyller minimumskriteriene for himmelkvalitet og naturlig mørke, og (2) et "perifert-" eller "buffer-" område som bidrar til at mørket i kjernen bevares (IDA, 2018). Til en viss grad overlapper retningslinjene med LZ0 og LZ1, dvs. ingen belysning eller lave lysnivåer. I vår soneinndeling vil sone 1 fungere som en buffer for sone 0, som er den mørkeste.

5.3. Sammendrag om soneinndeling

CIE's og IDA's soneinndelingssystem er svært like, men noen elementer skiller dem. Soneinndelingen som er utviklet av CIE er den vi tar med videre i dette arbeidet, den ligger også til grunn for IDA's modell. Begge systemene tar utgangspunkt i omgivelseslys i området. Her er det viktig å vite hvor mørk den er og hvordan den kan bevares mørk. En svakhet med disse inndelingene er at de ikke har med elementer som er spesifikke for området. Dette kan være naturtyper, vnedede arter eller turisme verdi, elementer som også kan påvirke valg i forvaltningsøymed og planlegging av belysning. I områder der det finnes en vernet naturtype eller art, kan det for eksempel være hensiktsmessig å redusere lyspåvirkningen ytterligere, og da kan det å kun se på eksisterende lyspåvirkning være for snevert.

Derfor kan elementer fra ROS- og LAC-systemene være nyttige videre i utviklingen av metoden/verktøykassen i dette prosjektet. Der analyseres områdets karakter og bruk, interessenter tas med i planleggingen (LAC), og videre tas informasjonen med i utvikling av spesifikke forvaltningstiltak for området. Ut ifra en samlet vurdering evner LAC å ivareta flest elementer av relevans for målstyrt forvaltning i Norge, ifølge Andersen et al., (2011)

IDA's retningslinjer minner en del om ROS' soneinndeling, men IDA's retningslinjer legger også opp til inkluderende tilnærming av ulike aktører slik at berørte parter i større grad kan ta eierskap til en eventuell IDA-sertifisering. I tillegg er det lagt opp til å måle lysforhold og forandringer, samt kontinuerlige rapporter. I arbeidet med denne rapporten tas det utgangspunkt i CIE's soneinndelingssystem, men i tillegg hentes inspirasjon fra ROS og LAC-systemene (Andersen, 2011) for å sikre at naturhensyn og aktuelle interessenter er ivaretatt.

Tabell 5. I tabellen oppsummerer Andersen m fl. (2011) noen viktige egenskaper med forvaltningsmodeller og en vurdering av hvordan dette er ivaretatt i ROS og LAC. I dette prosjektet tilføres en sammenlikning av denne vurderingen med IDA sin sone-tilnærming.

Kriterier for evaluering	ROS	LAC	IDA
Egnethet for regional planlegging (områder med stor diversitet i landskapskarakter og bruk)	***	*	**
Inkluderer informasjon om de besøkendes påvirkning som er nødvendig i forvaltningen		**	**
Inkluderer rettighetsinnehavere og andre interessegruppe (deltagende)		***	***
Forvalterne tar alt ansvar for tiltak og gjennomføring		**	**
Inkluderer andre former for planlegging (f.eks planer for turisme og landskapsopplevelse)	**	*	**
Resultater i en rapport	*	**	**

*** = meget stor betydning. * = liten betydning. Fravær av * = ingen betydning.

CIE deler i sitt system inn i fem soner, kalt Environmental Zones (EZ0- EZ4). Sone 3 gjelder for tett befolkede landlige områder eller forsteder, og sone 4 gjelder bysenter, disse er ikke aktuelle i prosjektet på nåværende tidspunkt. Siden rapporten er avgrenset til å handle om områder med lite lys, vil den ikke gå inn på løsninger i soner med mer utbredt bruk av kunstig lys om natten. Dette vil derimot kunne bli aktuelt på et senere tidspunkt ved videre arbeid med tematikken og ytterligere utvikling av metodikken. I kapittel 6 tar vi for oss hvordan soneinndelingen vurderes og benytter Rondane som eksempel.

Å benytte soneinndeling innebærer å kunne tilpasse tiltak til de enkelte soner. På den måten kan en intensivert innsats gjøres i områder der det er særlig viktig å ta hensyn til naturmangfold, truede arter eller særlig sårbare naturtyper. Som hjelpemiddel i analysearbeidet som vil ligge til grunn for soneinndeling, vil Geographical Information Systems (GIS) benyttes.

6. Forvaltningsmetodikk for belysning

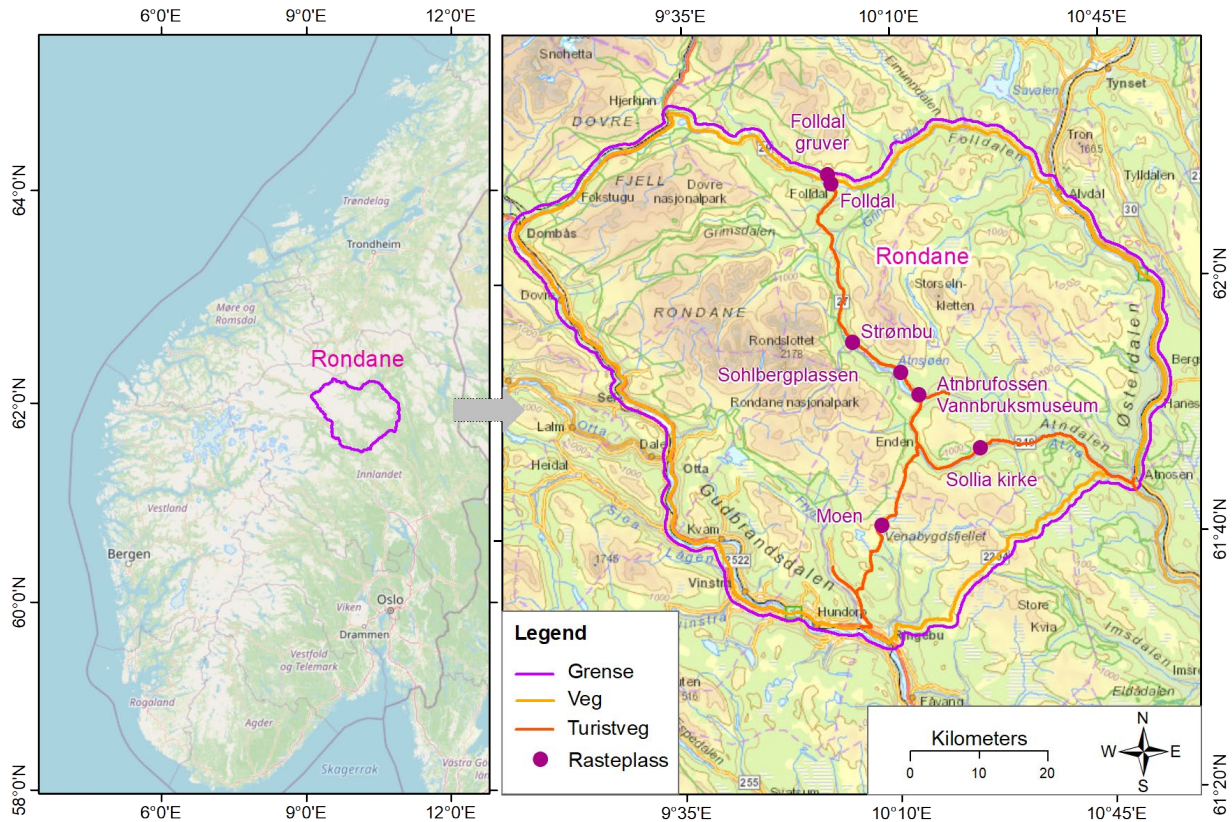
I dette kapittelet vil første utkastet til metodikken som er utarbeidet i prosjektet presenteres. For å utarbeide metodikken for arbeid med å begrense lysforurensing har det vært viktig å bygge arbeidet på kunnskap om belysningens virkninger på naturen, mennesket og våre omgivelser, samt tilgang til natur/stjernehimmel og rekreative funksjoner. ROS og LAC-systemene er brukt ved utvikling av metodikken knyttet til forvaltning av belysning, der faseinndeling og kategorisering er hentet fra disse metodene.

Soneinndelingen i metodikken er hentet fra CIE/IDA, og videreutviklet for å bedre kunne tilpasses stedsspesifikke behov som fremkommer etter GIS-analyse. Når systemene settes sammen er målet å lage en metodikk som er enkel å bruke med hensiktsmessige tiltak, som samtidig gir målbare resultater.

6.1. Pilotområde

I denne rapporten er det lagt vekt på hvordan verktøyet/metodologien kan benyttes i områder som i utgangspunktet er relativt mørke, og med høy verne- og turismeverdi. Jägerbrand og Bouroussis (2021) skriver at sensitive og vernede områder, samt viktige habitater for truede arter, kan prioriteres for å minimere lysets skadelige effekter der det er størst behov. Det er valgt et område som nettopp på grunn av disse verdiene kan trekke turister, som på sin side kan medføre økt behov for tilrettelegging gjennom blant annet belysning. Dette er i tillegg et sted som har potensial til å kunne søke om International Dark Sky park/place-status.

Rondane nasjonalpark og et avgrenset området rundt nasjonalparken er valgt som eksempel for utprøving av verktøyet/metodologien. Området avgrenses med Riksvei 3 i øst, fylkesvei 29 i nord og E6 i vest/nord-vest. Fylkesvei 27 går midt gjennom det valgte området. Området avgrenses med en kilometers sone langs disse veiene, for å avdekke mest mulig av veilysets effekt. Som en del av det valgte området i Rondane nasjonalpark ligger Sohlbergplassen med utsikt over tematisk passende «Vinternatt i Rondane»-landskapet. Her ligger også Atnsjømyrene naturreservat og Myldingi naturreservat. Området er preget av lite kunstig belysning, men ved tettsteder som Ringeby, Vinstra, Otta, Dombås, Hjerkin og Alvdal er det brukt gatelys.

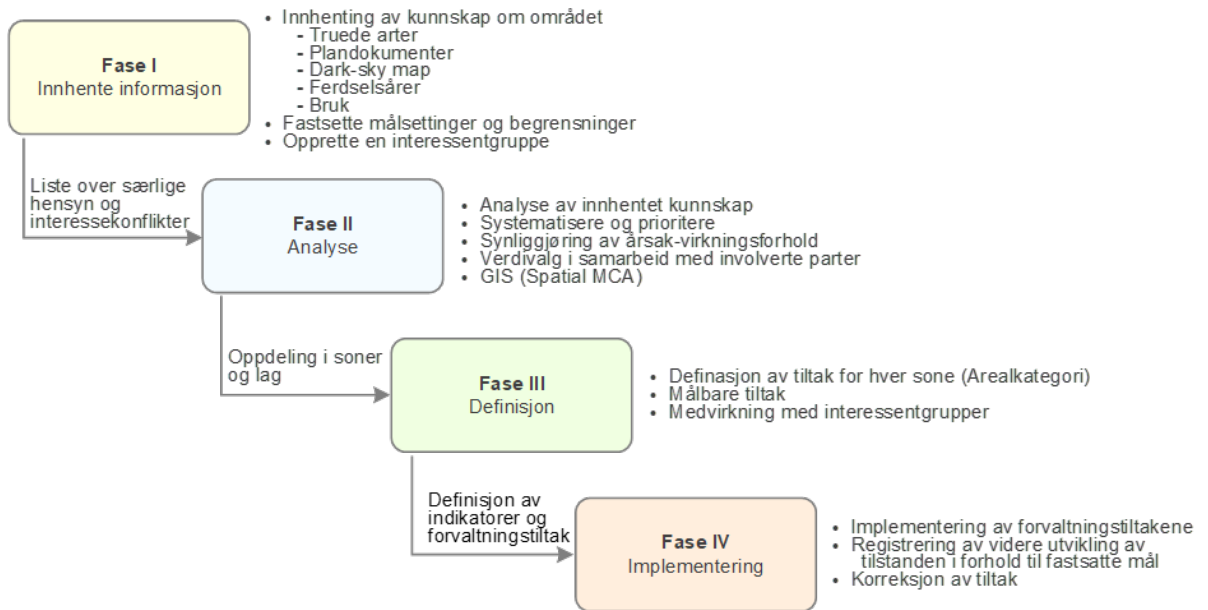


Figur 1 Prosjektområde med aktuelle veier og rasteplasser

Rondane nasjonalpark var den første nasjonalparken som ble opprettet i Norge i 1962 og omfatter kommunene Dovre, Folldal, Nord-Fron, Ringebu, Sel, Stor-Elvdal og Sør-Fron i Innlandet fylke. Figur 1 viser prosjektområdets beliggenhet.

6.2. Faser

Ved hjelp av CIE's fem omgivelsessoner, faseinndelingen i LAC-systemet, lagvis tilnærming i GIS-kartene og det strukturerte forvaltningssystemet i ROS og LAC skisseres her en metodologi som skal kunne forvalte kunstig lys i naturomgivelser. Metodikken er delt inn i fire faser som vist i Figur 1 og i Tabell 2 tidligere i rapporten. Hver fase beskrives nærmere i det følgende. For hver fase beskrives det også hvordan denne metodikken kan benyttes i pilotområdet i prosjektet, Rondane, for å eksemplifisere praktisk bruk av metoden.



Figur 2 Figuren viser inndelingen av metoden/verktøykassen i dette prosjektet i fire faser; Innhenting av informasjon, analyse, definisjon og implementering.

6.2.1. Fase I

Innhente informasjon

Fase I er den objektive og beskrivende delen av prosessen, der eksisterende kunnskap innhentes og systematiseres i en situasjonsbeskrivelse med prioritering av problemstillinger knyttet til lysforurensning og bruk av området. Fasen innledes med å definere området og utarbeide en områdeavgrensing. Deretter kartlegges lys, belysning, naturtyper/arter, verneområder, dagens bruk av området og ønsket fremtidig bruk. Deretter, hvis relevant, opprettes kontakt til alle interessenter og så deres innspill kan innhentes i kommende fase, og de kan følge arbeidet. Interessenter kan for eksempel være grunneiere, veimyndigheter og -eiere, verneorganisasjoner, fugletittere, turistforeninger og bedrifter. Det kan inviteres til seminar, folkemøte eller mindre arbeidsmøter for samskaping av løsninger. Det er viktig at møtene ledes av en tverrfaglig gruppe som allerede har innhentet kunnskap om området og som på den måten kan ha et overordnet blikk. Mye av informasjon om området innhentes ved GIS-data, for eksempel fra Miljødirektoratet og Statens vegvesens og kommunenes kartdata over lyspunkter. Avhengig av hvilket område som skal analyseres/forvaltes, vil ulik informasjon være relevant å samle inn. Aktuelle elementer å innhente i fase I kan være:

- Gjeldende og fremtidige planer og strategier for området
- Kommuneplaner

- Veilysnormer og lysplaner
- Verneplaner
- Data fra Light pollution map
- Kartdata med lyktestolper, fra Statens vegvesen samt kommunale etater
- Kartdata fra Miljødirektoratet:
 - Kulturminner
 - Naturtyper DN-håndbok 13
 - Naturvernområder
 - Artsdatabanken
 - Forvaltningsområde rovvilt
 - Arter av nasjonal forvaltningsinteresse
 - Kartlagte friluftsområder
 - Naturreservat, nasjonalpark
- Kartdata med ferdselsårer, veinett og turstier, sykkelsti, ridesti, snøscooter, skiløyper, lysløyper, nasjonale turistveger, topografi og kommunegrenser
- Informasjon relatert til bruk (gjennom folkemøter og medvirkning): besøkssenter, hoteller, sport fasiliteter, fugle/dyretitting, vinterbruk, næring, hoteller og hyttefelt
- Informasjon om transportårer, som ÅDT, veityper, holdeplasser, overgangsfelt, avkjøringer, parkering og rasteplasser
- Typiske værforhold (tåke, snødekke)

I denne fasen er det viktig å identifisere fokusområder med spesielle utfordringer, dette kan være steder der en spesiell art hekker, der veinettet krysser eller flankerer en utsatt naturtype eller et vassdrag. Fasen ender i en systematisk liste over særlige hensyn og eventuelle interessekonflikter.

Kartlegging av området

GIS-databasen består av et lysforurensningskart og seks tematiske lag. Lysforurensningskartet er et rasterkart, Radiance light trends. De seks tematiske lagene er hentet fra Miljødirektoratet kartdatabase, inkludert naturtyper, DN-håndbok 13: naturvernområder; artsdatabanken; villreinområder; forvaltningsområde for rovvilt; arter av nasjonal forvaltningsinteresse; kartlagte friluftslivsområder; og tur- og friluftsruter. I tillegg ble veinettet avledet fra FKB sin veg database (Staten Kartverket) inkludert. Grensen for prosjektet er fastsatt ved å bufre 1 km langs veinettet (E6, rv 29, rv 3, og rv 2294) rundt utredningsområdet.

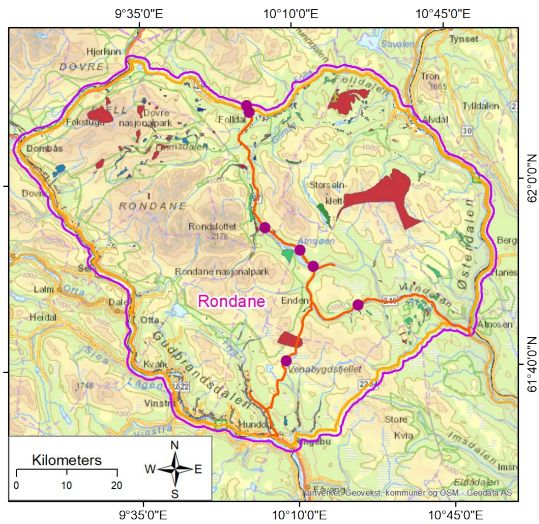
Figur 3 viser naturtyper som antas å være spesielt viktige i sammenheng med biologisk mangfold. Det bemerkes at det er 56 naturtyper definert og klassifisert i Norge av Direktoratet for naturforvaltning (DN) i håndbok 13 (DN-håndbok 13-2007). I Rondane anerkjennes 51 naturtyper, deriblant Myr og kilde (SOSI-kode A), Rasmark, berg og kantkratt (SOSI-kode B), Fjell (SOSI-kode C), Kulturlandskap (SOSI-kode D), Ferskvann/våtmark (SOSI-kode E), Skog (F), og Havstrand/kyst (G). For Naturvernområde (Figur 4) er det anerkjent totalt seks verneplaner, inkludert; Kvartærgeologi, Skogvern, Verneplan myr, Verneplan nasjonalpark, Verneplan våtmark, og Annet vern.

Området er også et viktig villreinreservat. Villreinområder i Rodane er vist i Figur 5. Her er fem kategorier klassifisert, inkludert Beiteområde, Kalvingsområde, Leveområde og Trekkområde. Både beiteområde og kalvingsområde ligger tett på RV3. Tett på den nasjonale turistvegen ligger beiteområdet og leveområdet.

Angående Artfunksjon er 7 kategorier klassifisert i Rondane. De er; Beiteområde, Heiområde, Leveområde, Rasteområde, Spill/parringsområde, Trekkvei, og Yngleområde (Se flere detaljer i Figur 6). For friluftsliv gjenkjennes totalt syv typer. Dette er; Leke og rekreasjonsområde, Grønn korridor, Andre friluftslivsområder, Marka, Nærturterreng, Stort turområde med tilrettelegging, Stort turområde uten tilrettelegging, Strandsone med tilhørende sjø og vassdrag, Særlig kvalitetsområde, og Utfartsområde (se figur 7).

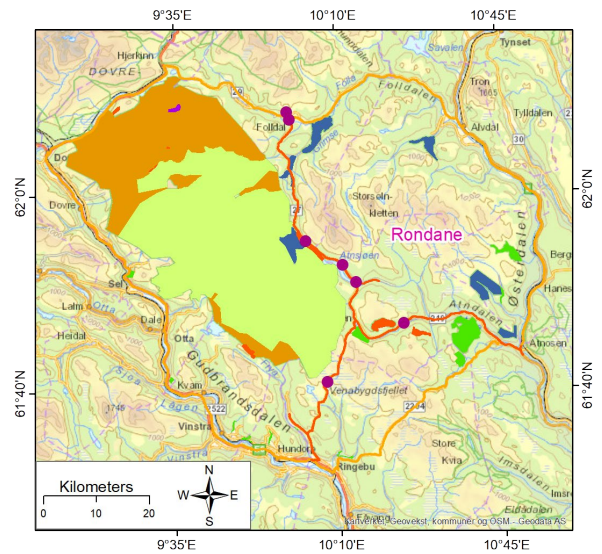
Fig.8 viser kart over Tur og Friluftsruter med turistveg og vegnett. Her er sju rasteplasser markert, inkludert Moen, Solia Kirke, Atnbrufossen vannbruksmuseum, Sohlbergplassen, Strømbru, Folldal, og Folldal gruver.

Figur 3-9 viser kartleggingen av pilotområdet utfra ulike kriterier:



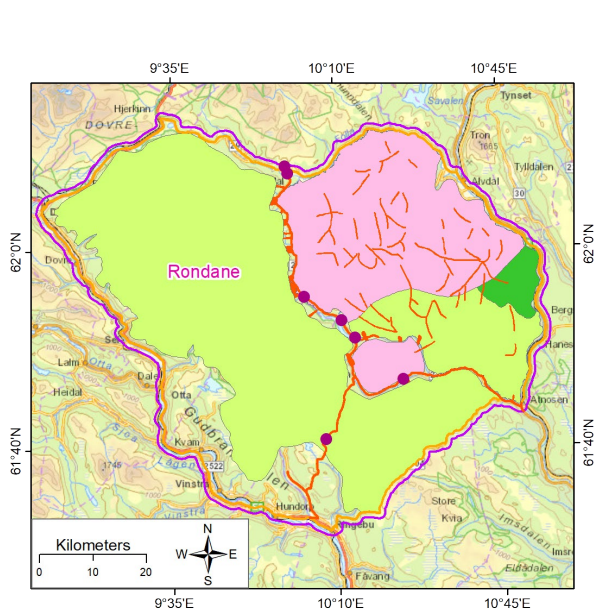
- Naturtyper HB13**
- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| B09 | D06 | E03 | F01 | F10 | F21 |
| A04 | B13 | D11 | E04 | F03 | F13 |
| A05 | C01 | D12 | E05 | F04 | F14 |
| A06 | D01 | D13 | E07 | F05 | F16 |
| A07 | D02 | D15 | E09 | F06 | F17 |
| A09 | D03 | D22 | E10 | F07 | F18 |
| B01 | D04 | D24 | E12 | F08 | F19 |
| B07 | D05 | D51 | E17 | F09 | F20 |
- Grense
— Veg
— Turistveg
● Rasteplass

Figur 3. Naturtyper HB13



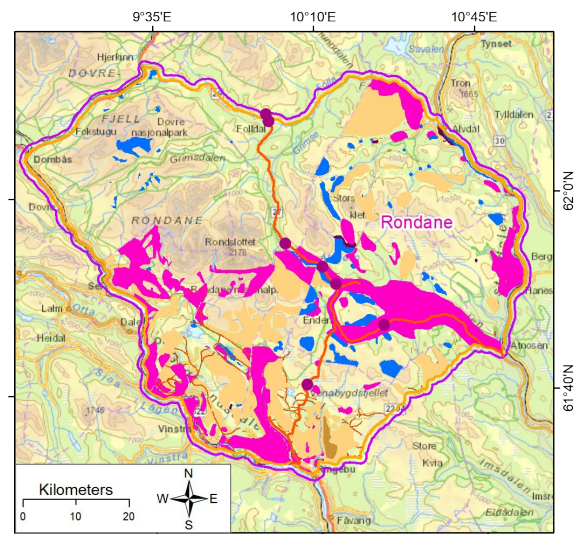
- Naturvernomsråder**
- | | | |
|----------------|------------------------|------------|
| AnnetVern | VernepplanMyr | Grense |
| Kvartærgeologi | VernepplanNasjonalpark | Veg |
| Skogvern | VernepplanVåtmark | Turistveg |
| | | Rasteplass |

Figur 4. Naturvernomsråder



- Villreinomsråder**
- | | | | |
|-------------|----------------|------------|-------------|
| Grense | Veg | Turistveg | Rasteplass |
| Beiteområde | Kalvingsområde | Leveområde | Trekkområde |

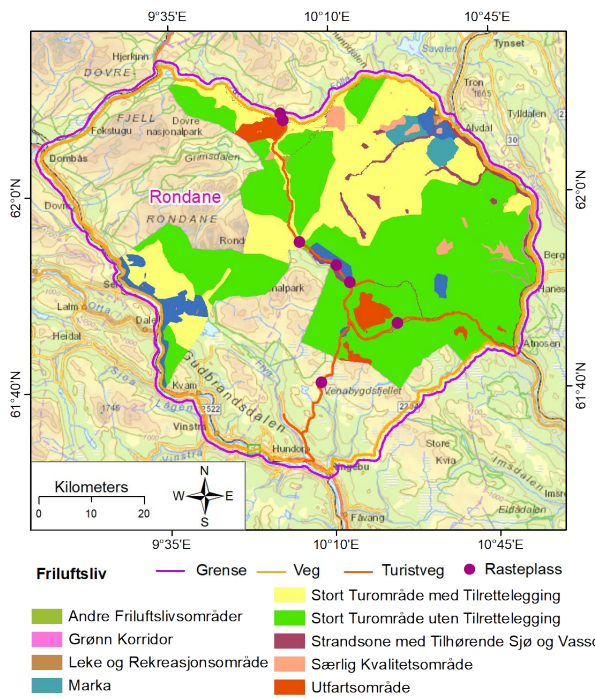
Figur 5 Villreinomsråder



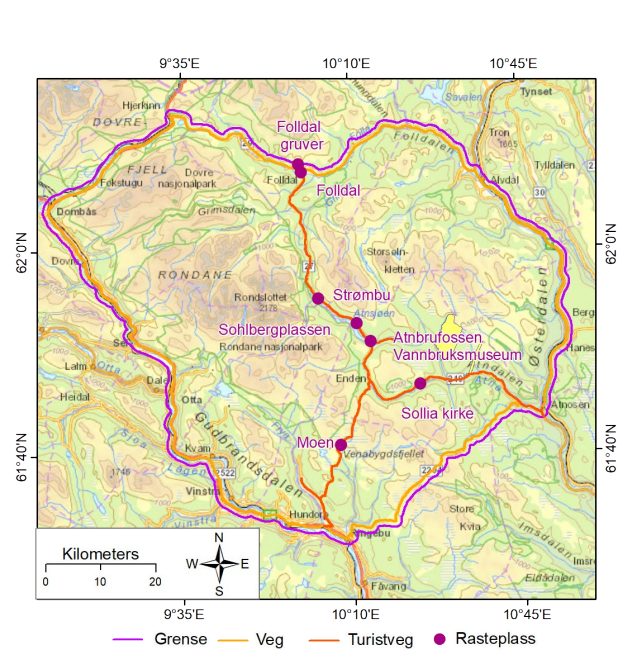
- Artfunksjon**
- | | | | |
|---|--|--|--|
| Grense | Veg | Turistveg | Rasteplass |
| Beiteområde (Behavior: feeding, Activity: Foraging) | Hiområde (Behavior: reproductive, Activity: Breeding) | Leveområde (Behavior: stationary, Activity: Permanent territory) | Rasteområde (Behavior: feeding, Activity: Staging) |
| Spill/parringsområde (Behavior: reproductive, Activity: Display/song) | Trekkvei (Behavior: moving, Activity: Flying overhead) | Yngleområde (Behavior: reproductive, Activity: Breeding) | |

Figur 6 Artfunksjon

Kartlegging av soneinndeling som verktøy og metodikk ved lyssetting langs norske veier

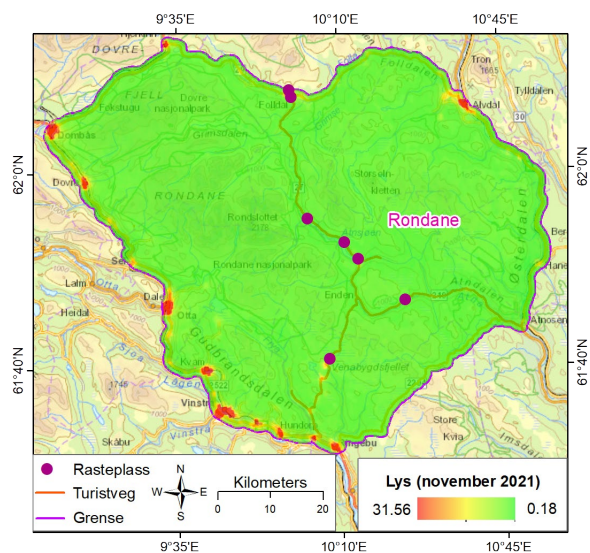
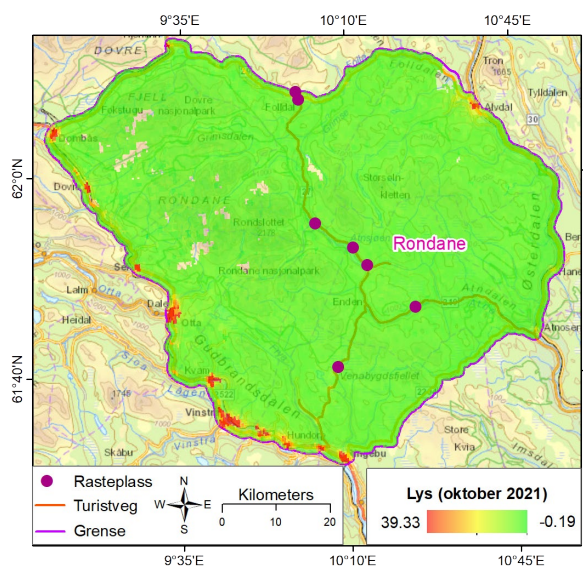


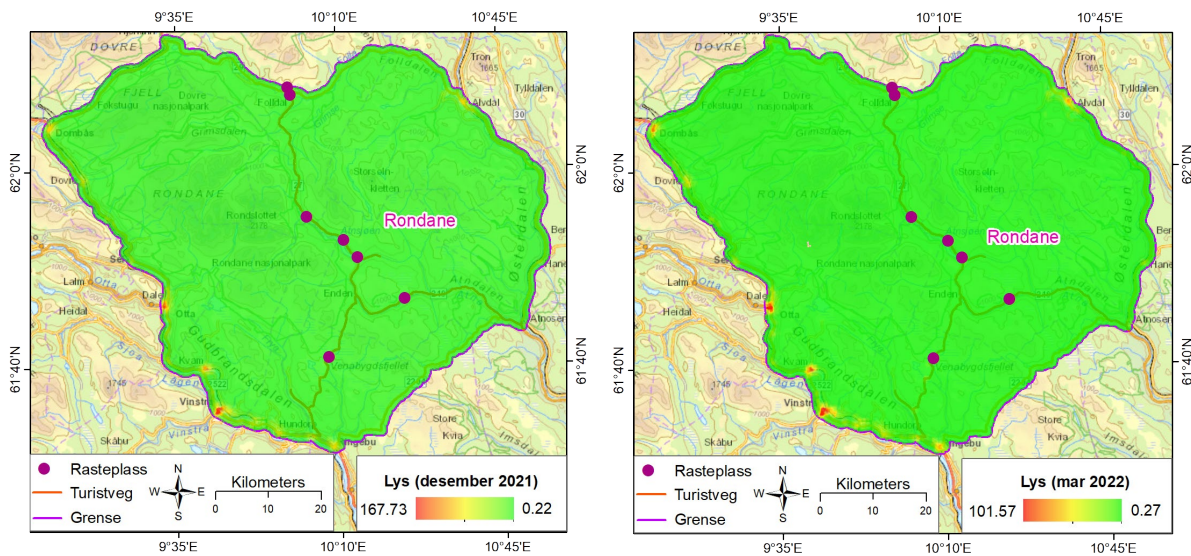
Figur 7 Friluftsliv



Figur 8 Tur og Friluftsruter

Inkludert er også kart som viser strølyst til atmosfæren for Rondane nasjonalpark. Dette er rasterkart, levert av Radiance Light Trends (<https://lighttrends.lightpollutionmap.info>), hvor det finnes totalt 129 kart i rasterformat fra april 2012 til april 2022, disse ble trukket ut og behandlet i ArcGIS. Figur 8 viser Radiance-lyskart for fire forskjellige måneder, fra oktober 2021 til mars 2022.





Figur 9. Radiance-lyskart for forskjellige måneder: (a) mars 2022; (b) desember 2021; (c) november 2021; og (d) oktober 2021

I en analyse av kartene bør en sammensatt gruppe med biologer, naturforvaltere, lysdesignere og andre gå gjennom de ulike informasjonslagene og utvikle soneinndelinger gjeldende for nettopp Rondane.

6.2.2. Fase II

I fase II analyseres innhentet informasjon og det oppdeles i soner og lag. Fase II handler også om de verdivalgene man gjør for å definere akseptable nivåer for påvirkning. Her analyseres data fra fase I, både det som er innhentet gjennom planer og ulike kartdata, men også informasjon fra interessenter gjennom brukermøter eller annen valgt medvirkningsmetode og Multicriteria analysis (MCA). Spatial MCA (SMCA) eller GIS-basert MCA (GIS-MCA) kan forstås som en samling av metoder og verktøy for å transformere og kombinere romlige (geografiske) data og preferanser (verdivurderinger) for å innhente informasjon for beslutningstaking (Malczewski, 2018). Nå analyseres dataene og systematiseres i lag der GIS-verktøyet er en nyttig metode for å sammenstille kunnskap.

Soneinndelingen utføres med utgangspunkt i verneverdi, både av kulturell og miljømessig karakter, status for naturlig mørke og menneskelig aktivitet, både dagens, og planlagt. Ved å bruke krystabell (cross-tabulation) mellom GIS-kartene (lagene) og soneinndelinger kan man videre danne grunnlag for utkast til indikatorer gjeldende for sonen og tilhørende forvaltningstiltak, dette gjøres i Fase III.

For å få en oversikt over de ulike hensyn som bør ivaretas i ulike områder, benyttes en soneinndeling der området deles inn i de fem lyssoner (E0-E4) hvor ulike hensyn vektet og danner grunnlag for valg av løsninger og fastsatte begrensninger for lyssetting. Begrensninger fastsettes ut fra hensyn til natur og vernede arter, mulighet for utsyn til nattehimmel, men også hensyn til trygg ferdsel og andre funksjoner der belysning er nødvendig vil tas inn i vurderingene. I ulike soner vil ulike tiltak eller grad av tiltak være aktuelle, en viktig del av kartleggingen er å se på faktisk virkning av tiltaket. En del av arbeidet i Fase II er å kartlegge fordeler, ulemper og motsetningsforhold i lag- og soneinndelingen. Herunder gjelder å utrede hvilke geografiske og meningsbærende lokale lag og soner langs veier er mest hensiktsmessig mht. synsfelt og opplevelse, men også hensynssoner relatert til sårbare naturtyper og påvirkning på miljø og dyreliv. Dette arbeidet bør, hvis relevant, gjøres i arbeidsmøter med ulike interessenter og fagpersoner.

Denne fasen omfatter:

- Systematisere og prioritere innhentet informasjon/kunnskap
- Synliggjøring av årsak-virkningsforhold
- Verdivalg, i samarbeid med involverte parter
- Synliggjøre interessekonflikter
- Opprette buffersoner, (relatert til IDA "kjerne" og "perifere" sone?)
- Perseptuell informasjon:
 - Utsikt langs vei
 - Utsyn fra stoppested (luminansforhold i synsfelt, interessante deler av synsfeltet)
 - Nattehimmel
 - Belysning (luminans i ulike deler av synsfeltet)

Som en del av analysen vil man avdekke om det i selve nasjonalparken finnes arter som er særlig sensitive til påvirkning fra kunstig lys. Det kan være arter som er nattaktive, eller som kan være lett bytte i områder med kunstig belysning. Særlig vern mot lysforurensning kan gjelde for flaggermus, amfibier, fugler, insekter og enkelte pattedyr og fisk (Jägerbrand og Bouroussis, 2021). Tiltak kan være at enkelte lysanlegg benytter rødt lys i områder med særlig sensitive arter. Dette er for eksempel gjort i den lille byen Zuidhoek-Nieuwkoop i Nederland, her har armaturprodusenten Signify utviklet en lyskilde med et rødt spekter som påvirker flaggermus minimalt (Signify, u.å.) I Rondane er det etablert et villreinområde. Her kan det være aktuelt å kontakte eksperter som kan si noe om eventuelle lystiltak som være gunstige for villrein. Ut fra Dark-sky map kan man se at det er en del lys ved tettsteder som Vinstra, Otta, Koppang og Alvdal er tettsteder med lys som kan påvirke nasjonalparken. Her ser vi også at deler av den Nasjonal turistveg Rondane går gjennom et relativt mørkt område mellom Follidal og Brenn.

Fase II avsluttes med en oppdeling i soner der de ulike kartlagene som er hentet ut fra GIS må analyseres av en sammensatt gruppe med ulike fagfelt og med innsikt i lokale hensyn.

6.2.3. Fase III

I fase III defineres tiltaket. Basert på foregående fase utarbeides nå en definisjon av indikatorer og tilhørende forvaltningstiltak som presenteres i (Se tabell 6.). Fasen bør ledes av en tverrfaglig gruppe med biologer, forvaltere, lyskonsulenter, og representanter fra kommune og veieiere. I tillegg bør vernemyndigheter være inkludert. Her gjøres valg av implementeringstiltak med strategier for gjennomføring i aktiv samhandling og medvirkning fra involverte aktører og berørte interessenter s.s. grunneiere og innbyggere. Modellene for medvirkning tilpasses i hvert enkelt tilfelle.

Ulike tiltak kan settes inn for å begrense negative effekter av lys; her presenteres noen aktuelle tiltak knyttet til lys og belysning. De ulike tiltakene vil variere fra sone til sone, og kan bestemmes ut av spesielle hensyn i spesifikke områder. For vegbelysning skal Håndbok V124 fra Statens vegvesen ligge til grunn, i sårbare naturområder, der det er mulig å sette inn ytterligere tiltak for å redusere lysforurensning benyttes disse.

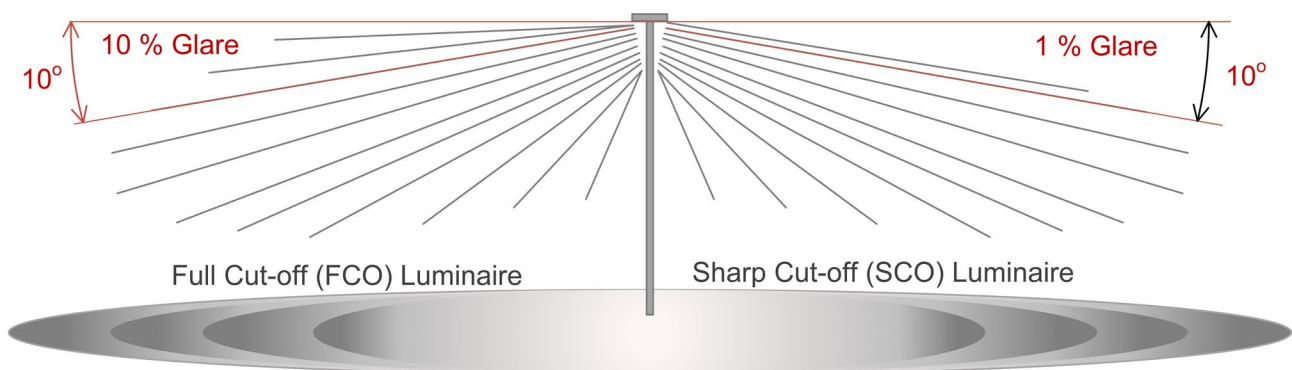
Her beskrives de viktigste tiltakstypene:

Avskjerming

Avskjermingstiltak har flere fordeler, det kan både forbedre synlighet, siden man reduserer blendingsrisiko, i tillegg begrenses lysets påvirkning på miljøet utenfor målområdet for lyset. Det finnes ulike prinsipper for skjerming av armaturer, tre av dem presenteres her:

FCO (full cut-off) – 0% lysfluks emittert over horisontalaksen (90°) og lysflux mellom 80° og 90° skal være på mindre enn 10% (Dick, 2021).

SCO (sharp cut-off) – 0% lysfluks emittert over armaturens horisontalakse (90°), og mindre enn 1 % av total lysfluks mellom 80° og 90° (Dick, 2021).



Figur 9 Forskjellen på FCO og SCO (Dick, 2021).

BUG (backlight, uplight, glare) - er utviklet av IDA og er et strengere og mer detaljert system for avskjerming, også tar for seg lyset bak armaturen. I dette systemet er lys over horisontallinjen på 0%, mindre enn 1% over 80° bak armaturen og 2% over 80° foran armaturen, samt mindre enn 10% bak armaturen i alle andre retninger (IDA, 2009). For å minske strølys kan også ULOR (upward light output ratio), ULR (upward light ratio), ULF (upward light flux) benyttes (CIE, 2017). I tillegg vil fysiske barrierer i landskapet kunne fungere som skjerming mot områder der kunstig lys er uønsket, dette kan være vegger som bygges på samme måte som støyskjermer ofte benyttes langs veier. Fysiske barrierer kan også være en rekke med tette trær som ikke feller løv om høsten.

Avskjermingsklasse G1-G6 (Vegdirektoratet, 2021) - benyttes for å begrense synsnedsettende blending i veily.

Blendingsreduksjon

Å redusere synsnedsettende blending kan også være et verktøy for å redusere økologisk lysforurensning langs veier. TI - Threshold Increment er en betegnelse for den prosentvise økning i kontrast som kreves mellom et objekt og dets bakgrunn, med en blendingskilde i synsfeltet, altså hvor mye belyningsnivået må økes for å kompensere for aktuell blending.

I tillegg bør blendingsklasse D0-D6 og avskjermingsklasse benyttes Håndbok V124.

“Vegbelysningen skal ha en slik utforming at den ikke blander trafikantene, og det må utføres blendingskontroll for enhver belyningsssituasjon.” (Vegdirektoratet, 2021, s. 15)

Spektralfordeling

Mye forskning gjenstår når det gjelder påvirkning i ulike deler av det elektromagnetiske spekteret på forskjellige arter. I denne rapporten er IDA's retningslinjer for International dark sky parks (IDA, 2018) samt Jägerbrand og Bouroussi (2021) lagt til grunn. Da mye tyder på at mange arter påvirkes av kortbølget (blått) lys, samtidig som at dette lyset spres i større grad i atmosfæren, bør blålysandel reduseres, særlig i lyskilder som benyttes i eller ved vernede soner. I soner der særlig sårbare eller truede arter holder til, og man har behov for å installere lys, bør det utføres litteraturanalyser som kan avdekke spesifikke arters sensitivitet til ulike deler av det elektromagnetiske spekteret.

- I følge IDA's retningslinjer for International Dark-sky parks skal ikke lyskilder over 3000K benyttes, eller armaturer der 25% av utsendt lys er under 550nm. (IDA, 2019)
- Jägerbrand og Bouroussis (2021) anbefaler å bruke amber LED med topp på 590 nm, med minimalt med lys under 500nm, eller bruk av filter som absorberer uønskede deler av spekteret.
- Low Impact Lighting-standarden har de strengeste retningslinjene. Her anbefales lyskilder på 2200K eller lavere og å begrense stråling under 500nm til 6%. ved lave lysmengde åpnes det for bruk av kaldere lys, opp til 2700 K hvis stråling under 500nm er under 10%.

Her er fotometriske standarder benyttet, se kapittel 7 for betraktninger på bruk av radiometriske mål for belysning i områder der dyr/natur er berørt.

Lysstyring

Det er særskilt viktig å benytte styringsanlegg som kan dimme lyset når lysbehovet er lavere, eller skru lyset helt av når det ikke er behov for det. Lyskilder kan dimmes til spesifikke nivåer gjennom forprogrammert tidsstyring, astrour, eller ved hjelp av sensorer. Det kan benyttes system for dimming av lyset ved snøfall, eller andre tider av året da lysbehovet er redusert. På grunn av skiftende vær-, føre- og dekkeforhold og belyningsanleggets tilstand, kan det reelle luminansnivået være høyere enn kravet tilsier. Et anlegg kan da dimmes slik at målt luminansnivå blir lik kravet til belyningsklassen (Vegdirektoratet, 2021, s. 39). Som minimum bør midtpunktsdimming med forhåndsprogrammert dimmeprofil installeres på alle nye veilysanlegg.

Lysskilt

Lysskilt bør reguleres, i enkelte soner kan lyssetting av skilt unngås, i andre kan det pålegges styring av lyset, så den dimmes eller slukkes på visse tidspunkt av døgnet, ved besøk kan sensorer tenne lyset der det er behov for at informasjonen er lett tilgjengelig.

Lysnivå

En effektiv måte å begrense uønsket lys i verneområder eller sensitive naturtyper er å fastsette maximumsnivåer basert på ulike funksjoner (Jägerbrand og Bouroussis, 2021). Kombinert med tiltakene som er tidligere nevnt vil dette kunne ha positive effekter. Viktig ved lyssetting med lave lysnivåer er å sørge for god distribusjon av lyset så elementer som er viktige for orientering er fremhevet. Samtidig så vil en slik belysning ha stort potensiale for å skape stemning og atmosfære, noe som er viktig for trivsel og attraksjon. CLO (Constant Light Output) - ved installasjon av nye anlegg er det viktig å benytte CLO-teknologi, som hindrer at armaturene lyset mer enn nødvendig de første årene etter installasjon. Det er også viktig at det utføres etterkontroll av lysanlegg, for å sikre at lysnivåene ikke er for høye.

Trygghetsfølelse er en viktig faktor som er knyttet til lysnivå, horisontal belysningsstyrke på 2-3 lux er ifølge Jägerbrand og Bouroussis (2021) nok for trygg ferdsel, men kan være lite for å sikre opplevd trygghet. Dette henger da også tett sammen med hvordan belysningen i området er designet, samt områdets funksjon og hvordan omgivelsene fremstår. Konkrete valg av lysnivåer må dermed bestemmes for hver lokasjon. Ved fastsatt øvre tak for lysnivåer bør det også være rom for å kunne øke nivåene i situasjoner der det er nødvendig.

Tabell 6 viser eksempler på tiltak som kan være aktuelle for hver sone, på veilysanlegg skal *Håndbok V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning* følges, og suppleres med forvaltningstiltak fra denne tabellen særlig i anlegg som ligger tett på sårbare naturtyper:

Tabell 6. Indikatorer, standarder og forvaltningstiltak i relasjon til et nattlyssted (park eller reservat). For å anvendes på Ronmålinger, nærmere analyse og soneinndeling i området.

Sone	Indikator	Standard	Forvaltningstiltak
0	Naturlig lys. Ingen målbar installert kunstig belysning.	Ingen belysning installert	Belysning installeres ikke i området, alle grunneiere informeres.
0	Medbrakt belysning skal påvirke naturen i så liten grad som mulig.	Lommelykt og hodelykt skal ha maks lumenverdi på 300 og med amber lysfarge.	Skilting og informasjon gjøres lett tilgjengelig.
0	Tydelig stjernehimel (Bortle scale 1-2)	Melkeveien er synlig for det blotte øye*	Informasjonskampanje om bakgrunnen for tiltakene i Sone 0
1	Lys søler ikke inn i sone 0	All belysning avskjermes, og lysnivåer begrenses i så stor grad som mulig.	BUG-avskjermning benyttes i områder nært sone 0. Kontrollere underlagets reflektans. Benytte skjermende elementer i omgivelsene.
1	Kunstig lys er kun tent når det er i bruk Energibruk fra lysanlegg begrenses	All kunstig belysning dimmes ned eller skrur av når det ikke er nødvendig	Installere automatiske styringssystemer
1	Lysnivået i sårbare naturtyper begrenses til et minimum	Max xx cd/m ² (evt xx mikromol/m ²) i sårbare naturtyper. (Lysnivå fastsettes gjennom kunnskap om den aktuelle naturtype/sonen)	Målinger utføres etter installasjon av lysanlegg
1	Spektralfordeling i belysningen er tilpasset arter i sonen	Strølys og naturpåvirkning begrenses gjennom snever spektralfordeling	Tillatt fargetemperatur: <2200 K lysflux under 500 nm er under 6% 2200-2700K kan tillates om lysflux under 500nm er mindre enn 10% av total lys

Kartlegging av soneinndeling som verktøy og metodikk ved lyssetting langs norske veier

1	Lysreklame begrenses		Lyskilt skal dimmes til xx cd/m ² eller skrus av mellom kl 23.00 og 06.00.
1	Trygghet og sikkerhet langs veier opprettholdes	SVV håndbok V124 følges i tillegg settes maksnivå på belysning til XX cd/m ²	Lysberegne før installasjon. Etterkontroll av lysanlegg.
	Sløringsluminans fra omgivelser begrenses	Maksimal anbefalt sløringsluminans Lv (cd/m ²) fra sidelysanlegg Fra enkelt lyskilde: 0,025 (cd/m ²) Fra flere bleningskilder: 0,05(cd/m ²)	
1x	Tidspunkt lyset er til særlig ulempe for arter i naturen	Om våren skal lyset dimmes/skrus av gjennom hele april og mai.	Styringssystem (astrour) lar installasjoner som ikke er strengt nødvendig av sikkerhetshensyn avslått i aktuell periode.
1x	Lysets spredning ved snødekke	Ved snøfall reduseres lysnivå.	Lysanlegg utstyres med styringsanlegg og sensor som måler bakkens refleksjonsfaktor.
2	Lysanlegget bidrar minimalt til strølys og "skyglow"	Belysning avskjermes i så stor grad som mulig	SCO-avskjermning benyttes. Kontrollere underlagets reflektans..
2	Kunstig lys begrenses Energibruk fra lysanlegg begrenses	Kunstig lys dimmes om natten. Effektbelysning skrus helt av om natten.	Installere automatiske styringssystemer
2	Trygghet og sikkerhet langs veier opprettholdes	SVV håndbok V124 følges i tillegg settes maksnivå på belysning til XX cd/m ²	Lysberegne før installasjon. Etterkontroll av lysanlegg.
2	Blending fra lysanlegget begrenses	Blendingsklasse D6 benyttes på alle områder for ferdsel til fots (500 cd/m ²) Avskjermingsklasse G6 benyttes på alle veier der SCO-avskjerming ikke kan benyttes.	Alle armaturvalg ettergås før installasjon.
2	Lysreklame begrenses		Lyskilt skal dimmes til xx cd/m ² eller skrus av mellom kl 23.00 og 06.00.
2	Sløringsluminans fra omgivelser begrenses	Maksimal anbefalt sløringsluminans Lv (cd/m ²) fra sidelysanlegg Fra enkelt lyskilde: 0,025 (cd/m ²) Fra flere bleningskilder: 0,05(cd/m ²) eller tabell 2.9 fra håndbok V124	Lys fra bygg- og anleggsområder, bensinstasjoner, idrettsanlegg ol. måles og skal ikke overstige angitte nivåer. Pålegg om dimming ved for høye lysnivåer
2	Spektralfordeling	Strølys og naturpåvirkning begrenses gjennom å minimere blålysandel	Tillatt fargetemperatur: <2700 K

Tilgjengelighet: parkering	N/N	N/N
Tilgjengelighet: distanse til infrastruktur og tjenester	N/N	N/N
Trafikk: antall kjøretøy	N/N	N/N
Trafikk: antall besøkende	N/N	N/N

Kilde: * *International Dark Sky Association (2018) International Dark Sky Reserve. Application Review Checklist og International Dark Sky Park Program Guidelines.*

6.2.4. Fase IV

Fase IV handler om implementering av forvaltningstiltakene og registrering av videre utvikling av tilstanden i henhold til de målene som er satt. Det er også viktig å dra inn de ulike interessentene som har vært med gjennom tidligere faser for å sikre at gruppen som helhet er omforent om løsningene og at tiltakene settes ut i livet. Det vil være rom for korreksjon av tiltakene, og det bør settes opp jevnlig møter for evaluering.

En anbefaling er å støtte kommuner som ønsker å søke IDA sin nattlyspark-sertifisering. Viktig er det å bestemme hvorvidt Rondane som nattlyssted skal defineres som et nattlysreservat eller en nattlyspark. Nattlysreservat (en. *International Dark Sky Reserve*) er "en mørk «kjerne»-sone omgitt av en befolket periferi der politiske kontroller vedtas for å beskytte mørket i kjernen". Reservater for naturlig nattlys overlapper i høy grad med eksisterende naturreservater i tynt befolkede områder. En annen måte å kanalisere nattlysturisme på er utvikling av mer tilrettelagte nattlysparker (en. *International Dark Sky Park*). Disse parkene "er offentlig eller privateide områder beskyttet for naturvern som implementerer god utendørsbelysning og gir mørke himmelopplevelser for besøkende". Her legger man til rette for logistikk, men tar stort hensyn til dempet og tidsstyrt belysning (IDA, 2022).

7. Diskusjon

I dette arbeidet strebes det etter å ha en balansert tilnærming når man vurderer behov og virkninger av belysning. For søknadsprosess for akkreditering og destinasjonsutvikling av et nattlyssted vil det være viktig å gjennomføre en besøksundersøkelse i området for å bringe opp meninger og forventninger, også blant aktører innenfor reiseliv. En av de elementene som må vurderes, sammen med de ulike aktørene er hvilke

enheter som skal benyttes i verktøykassen. Kriterier for å vurdere lysstyrke i de ulike sonene blir oftest basert på fotometri der øyets følsomhet er bestemmende for enhetene candela og lux. Øyet er som kjent mest følsomt for grønt lys. Disse enhetene er et produkt av det fotoptiske virkningsspektrum og lyskildens emisjonsspektrum målt i radiometriske enheter (ganger en konstant verdi), og de er riktige å bruke i de tilfeller der lysforurensningen forstyrrer synsinntrykk, f.eks. vår evne til å observere en stjernehimmel.

Om vi derimot er opptatt av om lysforurensningen kan forstyrre døgnrytmene, vil blått lys spille en dominerende rolle, og det er utviklet andre betegnelser («melanoptic lux», altså lyskildens emisjon vektet med en annen spektral funksjon som har toppen sin i det blå). På samme måte har andre arter øyne og kjertler som er følsomme i andre deler av spekteret (Follestad 2014). Bruken av fotometriske enheter har derfor sin berettigelse når vi vurderer noen konsekvenser av lysforurensning, men er av svært begrenset verdi for effekter på andre, kanskje ukjente effektparametre. Artene i bestemte økosystemer har antakelig oppfattelse av farger på en måte som er ukjent, og til og med UV-stråling som er usynlig for oss, kan ha regulatoriske effekter på enkelte arter.

Når vi får bedre kjennskap til de økosystemene som er kritiske i lokale områder, må soneinndelinger gjort med henblikk på fotoptisk spektrum kanskje revideres. Om aktuelle lyskilder overlapper med viktige aksjonsspektra hos organismer, kan påvirkningen være større eller mindre enn grovt anslått i den opprinnelige soneinndelingen.

For å ta høyde for denne type forskjeller mellom organismer, kan vi foreslå at kriterier for soneinndelinger heller burde være vektet likt, inkludert visse bølgelengdeområder utenfor det mennesket kan oppfatte. Måleenheter for dette er allerede utviklet og er brukt spesielt i studier av fotosyntese; antall fotoner per areal (fotonirradians) målt i mol/arealenhet f.eks. mikro-mol/m². Fordelen med en slik bruk av enheter er at man tar høyde for ukjente effekter, men det kan også medføre ulemper. Det kan tenkes at det ikke er nødvendig å være restriktiv i alle bølgelengdeområder hvis det viser seg at det bare er noen som dominerer bildet. Men med dagens kunnskapsnivå, kan den foreslåtte tilnærmingen være et godt «føre-var-prinsipp». Det er mest vanlig å benytte de fotometriske enhetene lux og candela i lysbransjen, derfor kan det være nyttig i de deler av verktøyet som handler om beskrivende fase.

8. Konklusjon og videre arbeid

Rondane har potensiale til å bli et nattlysreservat og kartleggingen har vist at en tverrfaglig metodikk som den vi har presentert det første utkastet til her, kan utvikles til å bli et verktøy som kan benyttes for å målrettet redusere lysforurensning. Det er imidlertid viktig å oppnå en balanse mellom belysning for trafikanter, inkludert sårbare trafikanter, og å dempe effekten av belysning på lokal flora og fauna.

Metoden bør verifiseres i et forskningsprosjekt ettersom den fortsatt er i tidlig fase, men etter flere runder med uttesting og justeringer kan det bli et nyttig verktøy for Statens vegvesen og andre vegeiere som vil redusere negative innvirkninger på miljøet fra belysningsanlegg. Det er da viktig å komme til konkrete definisjoner på utfordringene man ønsker å møte med metodikken, og konkrete målsettinger for hva verktøyet skal kunne brukes til. Dette vil kunne bli en metodikk som innlemmer nye bærekraftige tenkemåter inn i tradisjonell belysningsteknikk. For å utvikle et fullt funksjonelt system, tilpasset Statens vegvesens behov er det viktig med samarbeid i prosessen så metodikken blir skreddersydd til allerede eksisterende modeller som er i bruk. I senere faser vil metodikken utprøves i praksis. Her kan den tilpasses til aktuelle forvaltningstiltak og man kan sikre at metodikken er enkel i bruk. Fordeler, ulemper og motsetningsforhold må kartlegges og føringer for hvordan de håndteres kan legges til, eller tilpasses etter behov. Som en del av uttestingen kan det også utføres en pilot som kan si noe om metodikkens anvendelighet i en helt annen kontekst enn Rondane. **Havøysund og Varangerhalvøya** er et svært interessant område i det øyemed ettersom det har en helt annen type topografi, natur, dyreliv og lysforhold og dermed vil andre parametere være aktuelle. Her er særlig nordlysturisme viktig om vinteren, landskapet er svært åpent og lyset vil kunne påvirke arter på lang avstand. I dette landskapet, og særlig ved vannet vil tiltak som reduserer lysspredning være viktige.

Neste del av prosjektet kan utføres som et pilotprosjekt i Rondane. Her kan metodikken videreutvikles, en «første nivå-prototyp»- av metodikken kan utvikles der elementer fra den innledende kartleggingen verifiseres. Gjennom flere utprøvinger vil metodikken justeres, forenkles og effektiviseres til en konkret bruk. Som en del av arbeidet med å tilgjengeliggjøre metodikken vil de ulike parametere legges inn i et operativt system som organiserer alle elementer fra innledende idearbeid til implementering av tiltak. Her kan det videre utarbeides et interaktivt verktøy der tekniske planer, krav og normer innlemmes. Metodikken kan bli en del av et sertifiseringsverktøy for miljøvennlige lysanlegg.

Andre relaterte prosjekter som kan være nyttige å undersøke i prosessen, er hvilke målemetoder og enheter som er mest hensiktsmessige for å måle lysets påvirkning i naturområder. I den sammenheng kan det være

nyttig å undersøke hvor langt fra den belyste veien lyspåvirkningen er gjeldende. Dette kan undersøkes i ulike områdetyper med standard veilysanlegg. For eksempel vil lyset påvirke i en større radius ved vann eller i snødekt landskap enn i tett skog.

Her kan også studier på insekter ved NIBIO inkluderes, for eksempel studier på insektpopulasjoner før og etter eventuelle endringer i belysningen. Denne kartleggingen bør ledsages av fotometriske og radiometriske målinger. Studier på andre arter kan også integreres i prosjektet, for eksempel fisk i innsjøer og elver tett på vei eller ved broer, eller studier som utføres i tilknytning til overvåkning av villrein eller andre truede/nær truede arter.

Den kan også tilpasses og benyttes i naturområder med ulike hensyn eller andre nasjonalparkområder. Dette verktøyet er utviklet med base i elementer fra naturforvaltning og turisme, samt forvaltning av naturlig nattlys, gjennom International Dark-Sky Association samt forskningslitteratur på området. Materialet som samles, vil kunne benyttes i arbeidet med å søke status som Internasjonal nattlyspark. Eieren av en søknad for å bli nattlyspark må vurdere og definere karakter og potensiale. Foreløpig forslag på indikatorer for innen de ulike sonene bygger delvis på IDA sine retningslinjer for nattlysparker og kan dermed enkelt overføres (IDA, 2018).

Referanser

- Aall, C., & Walnum, H. J. (2013, desember 20). *Kronikk: Klimaløsningene kan være en del av problemet*. Forskning.no. <https://forskning.no/a/1174290>
- Santos, B., Gonçalves, J., Martins, A. M., Pérez-Cano, M. T., Mosquera-Adell, E., Dimelli, D., ... & Almeida, P. G. (2021). GIS in Architectural Teaching and Research: Planning and Heritage. *Education Sciences*, 11(6), 307. <https://doi.org/10.3390/educsci11060307>.
- Andersen, O., Gundersen, V., Kaltenborn, B. P., Vistad, O. I. & Wold, L. C. (2011) Målstyrt forvaltning - Metoder for håndtering av ferdsel i verneområder. *NINA Rapport 615*. <https://brage.nina.no/nina-xmlui/handle/11250/2642436>
- Bednarz, R. & Kim, M. (2013). Development of Critical Spatial Thinking through GIS Learning. *Journal of Geography in Higher Education* 37(3), 350-366. <https://doi.org/10.1080/03098265.2013.769091>
- Blum, B., Hübner, J., Neumärker, B., & Adrian, M. (2018). On the evidence of rebound effects in the lighting sector: Implications for promoting LED lighting. (No. 05-2018). *The Constitutional Economics Network Working Papers*.
- CIE. (2017). *Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations*, 2. Edition. <https://cie.co.at/publications/guide-limitation-effects-obtrusive-light-outdoor-lighting-installations-2nd-edition>
- Clark, R. N. & Stankey, G. H. (1979). The Recreation Opportunity Spectrum: A Framework for Planning, Management, and Research. U.S. *Department of Agriculture Forest Service. General Technical Report PNW-98*.
- Dick, R. (2021). *Canadian Guidelines for Outdoor Lighting (Low-Impact Lighting) for Dark-Sky Protection Programs*. https://www.rasc.ca/sites/default/files/RASC-CGOL_2020.PDF
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A., & Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, 2(6), e1600377. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>
- Follestad, A. (2014). *NINA-rapport 1081 Effekter av kunstig nattbelysning på naturmangfoldet -en litteraturstudie*. NINA - Norsk institutt for naturforskning. <https://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2014/1081.pdf>
- Helgadottir, G., Strömberg, P., Zaikina, V., Røysamb, A. & Wåseth, H.I. (2021) *Naturturisme, utfordringer og muligheter ved bruk av kunstig belysning*. Statens Vegvesen <https://hdl.handle.net/11250/3000590>
- Hiscocks, P. D., & Gudmundsson, S. (2010). The contribution of street lighting to light pollution. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 104, 190. <https://adsabs.harvard.edu/pdf/2010JRASC.104..190H>
- Hwang, S. (2013) Placing GIS in Sustainability Education. *Journal of Geography in Higher Education* 37(2), 276-291. <https://doi.org/10.1080/03098265.2013.769090>
- IDA (2018) *International Dark Sky Reserve Program Guidelines* June 2018 Hentet 02-03-2022 fra <https://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2021/05/IDSR-Final-May-2021.pdf>

IDA (n.d.) *Dark Sky* <http://www.darksky.org>, hentet 02-03-2022.

Innovasjon Norge (2019). *Key Figures for Norwegian Travel and Tourism 2019*
https://assets.simpleviewcms.com/simpleview/image/upload/v1/clients/norway/Key_figures_2019_70ab0c61-9c91-4b2a-b450-63898baceccc.pdf

International Dark Sky Association (2018) *International Dark Sky Reserve. Application Review Checklist og International Dark Sky Park Program Guidelines*.

Jägerbrand, A., & Bouroussis, C. (2021). Ecological Impact of Artificial Light at Night: Effective Strategies and Measures to Deal with Protected Species and Habitats. *Sustainability*, 13, 5991.
<https://doi.org/10.3390/su13115991>

Kagge, G. (2015). Kartlagt: Norges første bilturist. *Aftenposten* 22. desember.
<https://www.aftenposten.no/norge/i/J1ByX/kartlagt-norges-foerste-bilturist>

Kamfjord, G., (2016) *Det helhetlige reiselivsproduktet*. Bind 2: Destinasjonsledelse. Oslo: Fagspecialisten

Li, X., Duarte, F., & Ratti, C. (2021). Analyzing the obstruction effects of obstacles on light pollution caused by street lighting system in Cambridge, Massachusetts. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(2), 216-230. <https://doi.org/10.1177/2399808319861645>

Lyskultur. (2016). *1C Luxtabell og planleggingskriterier for utendørs arbeidsplasser* (2. utg.).
<https://lysveileder.no/blog/lysveileder>

Malczewski, J. (2018) Multicriteria Analysis. Red. Bo Huang. *Comprehensive Geographic Information Systems*. Elsevier, 197-217.

Marschall, S., Granquist, S. M., & Burns, G. L. (2017). Interpretation in wildlife tourism: Assessing the effectiveness of signage on visitor behaviour at a seal watching site in Iceland. *Journal of outdoor recreation and tourism*, 17, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.11.001>

Merrim, Jr., L. C. & Wollmuth, D. C. & Schomaker, J.H. (1985). River Recreation Experience Opportunities in Two Recreation Opportunity Spectrum (ROS) Classes. *Water Resources Bulletin*, 21 (5).

Miljødirektoratet. (2022, april 8). *Vernet natur*. Miljøstatus.
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/naturområder-pa-land/vernet-natur/>

Morrison, A. M. (2018). *Marketing and managing tourism destinations*, 2nd ed. London: Routledge.

OECD (2022) *OECD Environmental Performance Reviews: Norway 2022*.
<https://www.oecd.org/environment/country-reviews/oecd-environmental-performance-reviews-norway-2022-59e71c13-en.htm#:~:text=Norway%20has%20made%20progress%20on,to%20support%20its%20green%20transition>

Radiance light trends (n.d.) *Light pollution map* accessible on <https://lighttrends.lightpollutionmap.info>

Rich, C & Longcore, T. 2006. *Ecological consequences og artificial light at night*. Island press, Washington, DC
Schulte-Römer, N., Meier, J., Söding, M., & Dannemann, E. (2019). The LED Paradox: How Light Pollution Challenges Experts to Reconsider Sustainable Lighting. *Sustainability*, 11(21), 6160.
<https://doi.org/10.3390/su11216160>

Signify. (u.å.). *How artificial light can be adapted to protect light-sensitive bats*. Philips. Hentet 6. juni 2022, fra <https://www.lighting.philips.com/main/support/connect/lighting-technology/integrations/light-sensitive-bats>

SSB (n.d.) *Bil og transport*. <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/faktaside/bil-og-transport>

Statista (2022). *International Tourist Arrivals in Norway*. <https://www.statista.com/statistics/806411/international-tourist-arrivals-in-norway/>

Summerby-Murray, R. (2001) Analysing Heritage Landscapes with Historical GIS: Contributions from Problem-Based Inquiry and Constructivist Pedagogy. *Journal of Geography in Higher Education*. 25, 37–52. <https://doi.org/10.1080/03098260020026624>

UNESCO. (2016). *The Right to dark skies—UNESCO Digital Library*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246131>

WWF. (2014). *Living planet report 2014 -Species and spaces, people and places* (s. 180). https://files.worldwildlife.org/wwfmsprod/files/Publication/file/901tpk4km_WWF_LPR2014_low_res.pdf?ga=2.34179430.670965443.1653122621-196050079.1653122621

Zaikina, V., Røysamb, A., & Wåseth, H. I. (2021). *Lysforurensning og mulige tiltak i nordisk kontekst*. Statens Vegvesen