



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Statens vegvesen

Insekter, landskap og vegbelysning

Effekter av kunstig vegbelysning på insekter

NOTAT 11/2021



Ulrike Bayr¹, Nina Johansen² og Arne Jørgensen³

¹ NIBIO, Divisjon for kart og statistikk, Avd. Landskapsovervåking

² NIBIO, Divisjon for bioteknologi og plantehelse, Avd. Skadedyr og ugras i skog-, jord- og hagebruk

³ Statens vegvesen

PROSJEKT

Insekter, landskap og vegbelysning

OPPDRAGSGIVER:

Statens vegvesen

MEDVIRKENDE PERSONER:

Jon Simen Hilstad Mangset

Alf Erlend Støle Sunde

Evie Grønn Kvisberglien

Arne Jørgensen

Ann Karin Myrland Halvorsen

Gro Trollnes Tautra

OPPDRAGSTAKER:

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO)

MEDVIRKENDE PERSONER:

Ulrike Bayr

Nina Johansen

Wenche Dramstad

Dato: 15.11.2021

Forsidebilde: Oskar Puschmann, NIBIO

Innhold

Forord	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn og formål	5
1.2 Geografisk avgrensing	6
2 Vegbelysning: egenskaper og utforming	7
3 Effekt av kunstig belysning nattetid på insekter	12
3.1 Kort om insekters oppfatning av og respons på lys	12
3.2 Effekt av nattlig belysning på insekter	14
3.3 Potensielle effekter av vegbelysningen på insekter	17
4 Geografiske analyser: naturtyper og truede arter	22
4.1 Datagrunnlaget	22
4.1.1 Naturtyper	22
4.1.2 Artsobservasjoner fra Artskart	23
4.1.3 Belysningspunkter og øvrige vegdata	24
4.2 Berørte naturtyper	25
4.3 Berørte insektgrupper	28
4.4 Vurdering av belysningspunkter	36
5 Internasjonale erfaringer med avbøtende tiltak	41
6 Konklusjoner og kunnskapshull	43
6.1 Kunnskapsbehov knyttet til insekter	43
6.2 Behov knyttet til geodata	44
6.3 Anbefalinger for videre FoU	44
Litteraturreferanser	47
Vedlegg	49

Forord

På oppdrag fra Statens vegvesen har NIBIO gjennomført en litteraturstudie for å samle kunnskap om hvordan insekter påvirkes av nattlig vegbelysning. Rapporten gir en oversikt over de generelle effektene kunstig lys har på nattaktive insekter basert på aktuell forskningslitteratur. Videre viser rapporten hvilke naturtyper og truede arter som kan være spesielt utsatte for kunstig vegbelysning langs riks- og fylkesvegene i Viken fylke. Hensikten med dette arbeidet er å identifisere kunnskapshull og gi anbefalinger for framtidig forskning og utviklingsarbeid.

Medarbeiderne i prosjektet har vært Ulrike Bayr og Wenche Dramstad, begge avdeling landskapsovervåking, Divisjon for kart og statistikk, og Nina Johansen, avdeling skadedyr og ugras i skog-, jord- og hagebruk, Divisjon bioteknologi og plantehelse. Alle tre er ansatte i NIBIO.

Statens vegvesen har også deltatt aktivt i prosjektet. Arbeidsgruppen i SVV har bestått av Jon Simen Hilstad Mangset, Alf Erlend Støle Sunde, Evie Grønn Kvisberglien, Arne Jørgensen, Ann Karin Myrland Halvorsen og Gro Trollnes Tautra.

Ulrike Bayr har gjennomført de geografiske analysene. Nina Johansen har stått for sammenstillingen av litteraturen og bidratt i analysen av artsdataene. Arne Jørgensen (SVV) har bidratt med kunnskap om de tekniske egenskapene ved vegbelysning, beskrevet i kapittel 2. Wenche Dramstad har bidratt med innspill gjennom hele prosessen og med korrekturlesing av rapporten. Geir-Harald Strand (NIBIO) har stått for kvalitetssikringen.

Vi takker for et spennende oppdrag og arbeidsgruppen i Statens vegvesen for et godt samarbeid.

Ås, 07.12.21

Hildegunn Norheim (Divisjonsdirektør)

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Norge er et land der det brukes mye lys langs vegene. Veg- og gatebelysning er i mange tilfeller avgjørende for trafikantenes sikkerhet, og belysning kan også brukes for å gi et estetisk løft til ulike konstruksjoner. Samtidig kan vegbelysning ha negative effekter på arts mangfoldet. Statens vegvesen (SVV) ønsker å øke kunnskapen om vegbelysningens påvirkning av insektlivet langs våre veger.

For å kunne velge de rette tiltakene på rett sted, trenger vi å vite hvordan veglyset påvirker insekter i ulike naturtyper både i nord og sør, i innlandet og langs kysten. Tiltak Statens vegvesen så langt har gjort er basert på en antakelse om at lavere lysstyrke, kortere tidsrom med belysning, varmere lyskvalitet og godt skjermet lys generelt vil være positivt for å minimere skadelige virkninger. Men naturen er sammensatt og de ulike artenes respons på veglyset er forskjellig. Vi trenger derfor et mer nyansert bilde for å finne de mest effektive tiltakene som kan redusere påvirkningen på flere ulike arter.

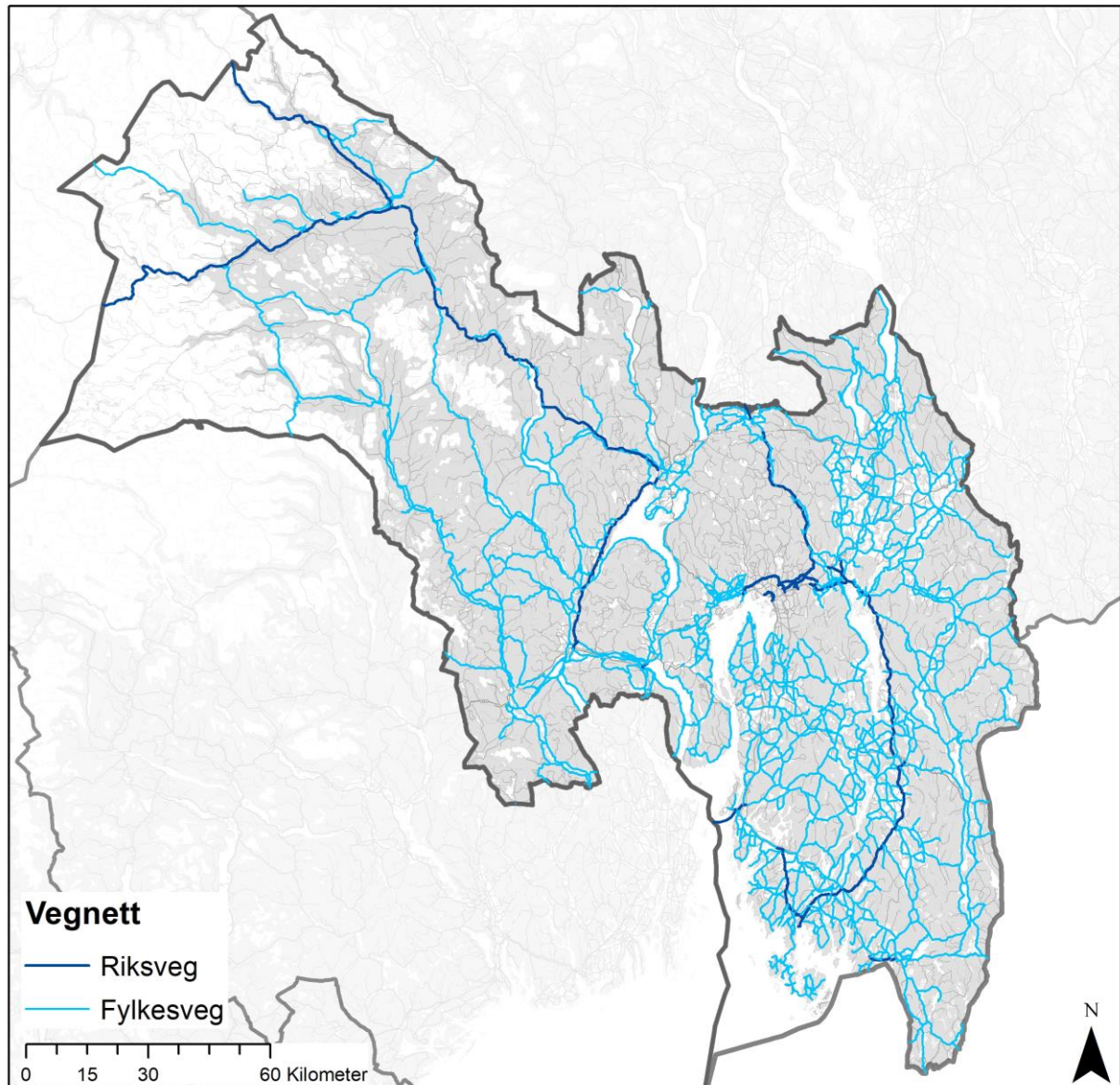
Det er gjort flere litteraturstudier som dokumenterer negative konsekvenser av lysforurensning på insektlivet. Det er fremmet flere forslag til ulike tiltak som kan redusere de skadelige virkningene av kunstig belysning. I dette prosjektet vil vi se nærmere på faktagrunnlaget bak disse forslagene. I hvilken grad er disse forslagene relevante for norske forhold, og har de ønsket effekt? Hvilke avbøtende tiltak har vist seg å være mest effektive?

Formålet med dette notatet er å undersøke hvordan insekter og deres habitater påvirkes av kunstig belysning langs vegene. Med henblikk på den enorme kompleksiteten i denne problemstillingen og de svært begrensede ressursene i dette prosjektet, har det vært nødvendig å avgrense omfanget. Vi har derfor valgt å legge hovedvekten på å kartlegge kunnskapshull og påpeke kunnskapsbehov for framtidig arbeid.

Konkret omfatter arbeidet en gjennomgang av nyere vitenskapelig litteratur om hvordan ulike typer belysning påvirker insektene. Vi har ikke vurdert enkeltarter og grupper, men konsentrert oss om et mer overordnet nivå. I tillegg har vi gjennomført en geografisk analyse som gir en oversikt over hvilke naturtyper og rødlistede insektarter som er registrert langs vegstrekningene og dermed kan bli påvirket av kunstig belysning.

1.2 Geografisk avgrensning

For å begrense omfanget av prosjektet har vi i dialog med SVV valgt å fokusere analysen på fylkes- og riksvegene i Viken fylke. Europavegene er ikke tatt med i analysen. Kartet i Figur 1 viser området med riksvegene og fylkesvegene som er del av prosjektet. Til sammen har vegnettet en lengde på 6388 km, hvorav fylkesvegene utgjør 5659 km (88 %) og riksvegene 740 km (12 %).



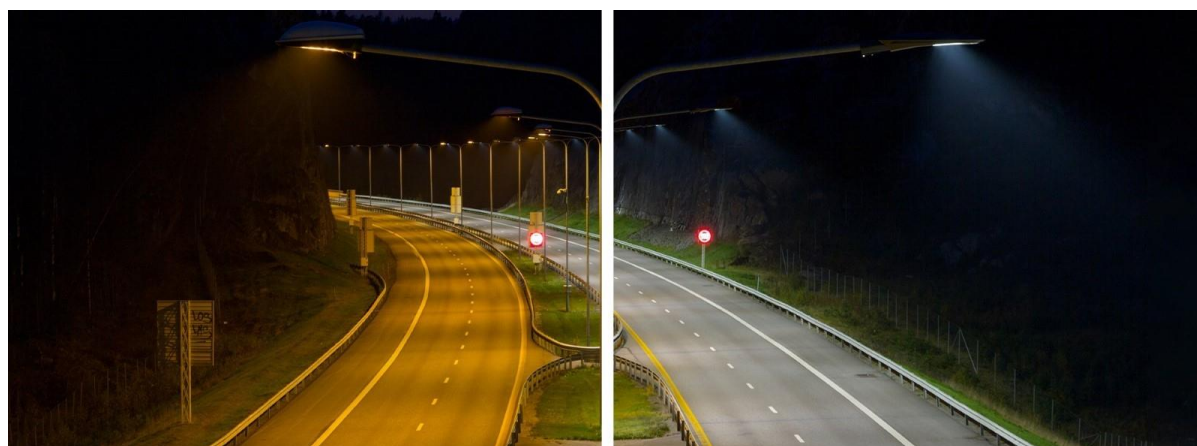
Figur 1: Viken fylke med fylkes- og riksvegnettet som brukes i dette notatet som studieområde

2 Vegbelysning: egenskaper og utforming

Historisk sett har høytrykk natrium damplamper (NaH) vært den dominerende lyskilden for bruk til vegbelysning. Det er flere andre lyskilder som også har vært benyttet, som lavtrykk natrium, metallhalogen, metallhalogen med keramisk brenner og kvikksølvdamplamper. Disse er benyttet i et begrenset omfang og som regel i avgrensede områder og blir ikke nærmere omtalt her. Fra ca. 2010 har LED overtatt mer og mer som lyskilde for vegbelysning og i dag er det kun LED som blir benyttet. Det er store forskjeller på de lystekniske egenskapene til høytrykk natrium damplamper og LED.

Tabell 1: Typiske egenskaper for tidligere benyttede NaH lyskilder og for LED som benyttes i dag

Lyskildetype	Effekt i W	Lysutbytte i lumen (lm)	Lyskildenes effektivitet i lm/W	Fargetemperatur i grader Kelvin	Farge-gjengivelsesindeks i Ra
NaH 150 W	161	17 500	109	2000	≥25
NaH 250 W	267	33 200	124	2000	≥25
LED	135	18 000	135	3000	≥70
LED	230	30 000	135	3000	≥70



Figur 2: Bilde til venstre viser belysning av en motorveg med NaH og til høyre belysning med LED. Foto: AEC Illumazione

Typisk lyspunkthøyde (avstand fra kjørebanelen til underkant armatur) for veglys langs riksvegene er 10-12 m. Dette gir en avstand mellom mastene på ca. 40 m for 10 m mast og ca. 50 m for 12 m mast. Krav til belysningsanleggene iht. Statens vegvesen sine krav for veger er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Krav til belysningsanlegget

Klasse	Kjørebanelens luminans				Synsnedsettende blending	Belysning av omgivelsene
	Tørr tilstand			Våt tilstand	Tørr tilstand	
	L_m i cd/m ² (minimum opp-rettholdt nivå)	U_o (minimum)	$U_l^{1)}$ (minimum)	$U_{ov}^{2)}$ (minimum)	f_{T1} i % ³⁾ (maksimum)	$R_{E1}^{4)}$ (minimum)
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30

1) Den langsgående jevnheten (U_l) gir et måltall på oppfattelsen av et gjentatt mønster av mørke og lyse felter på veioverflaten i lengderetningen og er slik sett bare relevant for lengre uavbrutte veistrekkninger og bør følgelig bare benyttes i disse tilfellene. Verdiene i kolonnen er å anse som minimums anbefalte verdier for den respektive belysningsklassen, men kravet kan økes hvis spesielle hensyn med tanke på veiutforming eller nærmere behovsanalyse skulle tilsi det.

2) Dette er det eneste kriteriet som er referert til våt vei, og er et krav som kommer i tillegg til jevnhet på våt vei.

3) Verdiene fastsatt i kolonne for f_{T1} er å anse som maksimum tillatte for den respektive belysningsklassen.

4) Dette kriteriet skal benyttes i de tilfeller hvor det ikke er noen trafikkområder med egne belysningsanlegg direkte tilstøtende den aktuelle belyste veien. Dette kriteriet benyttes bare der hvor det ikke er noe tilstøtende trafikkareal med egne krav (f eks fortau)

Kravet gjelder for kjørebanelen (mellom hvit kantlinje på høyre side av hver kjøreretning) som for riksveger vil typisk ligge mellom 6,5 – 7,0 m. I tillegg kommer krav til en sone utenfor hvit kantlinje som skal være like bred som tilstøtende kjørefelts bredde. Krav til belysningsklasser er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Krav til belysningsklasser i forhold til årsdøgntrafikk (ÅDT) og fartsgrense

	ÅDT < 1 500	ÅDT 1 500 - 6 000	ÅDT >6 000
Veger med rekkverk i midtdeler		M3	M3
Veger / gater med fartsgrense \geq 40 km/t	M4/C4	M3/C3	M2/C2
Veger / gater med fartsgrense 30 km/t		C3	C3

Armaturer

Videre er det ulike lysarmaturer i bruk. De forskjellige typene er vist i figurene 3, 4 og 5.



Figur 3: Typisk veglysbarmatur med lysdioder og linse over hver diode og et flatt glass under lensene. Dette er en typisk løsning for en LED veglysbarmatur. Foto: Fagerhult



Figur 4: Typisk veglysbarmatur med lysdioder og reflektorer rundt hver diode og et flatt glass under disse. Dette er en typisk løsning for en LED veglysbarmatur med reflektorer, men noe mindre brukt en armaturer med linser. Foto: AEC Illumazione



Figur 5: Typisk veglysbarmatur med 250 W NaH lyskilde og en felles optikk bygget rundt lyskilden. Optikken og lyskilden har et flatt glass på undersiden. Foto: AEC Illumazione

Demping av belysningsnivå

Det er nå krav til at alle veglysbarmaturer skal ha et system for demping i de periodene av døgnet det er vesentlig mindre trafikk. Til dette er det mest vanlig å benytte såkalt midtpunktsdimming eller bevegelsesdetektering.

Ved bruk av midtpunktsdimming tas det utgangspunkt i midten av når lyset tennes og slukkes som typisk er ved 20-25 lux. Ut ifra dette programmeres armaturen til å dimme første trinn (typisk fra 100 – 75 %) x antall timer før midtpunktet og videre et trinn (typisk fra 75 – 50 %) til etter noen timer til før det trinnes opp igjen (typisk fra 50 – 75%) tidlig på morgenen og videre ett trinn til opp (typisk 75 – 100 %). Eksempel på dimmeprofil er vist i Tabell 4 på neste side.

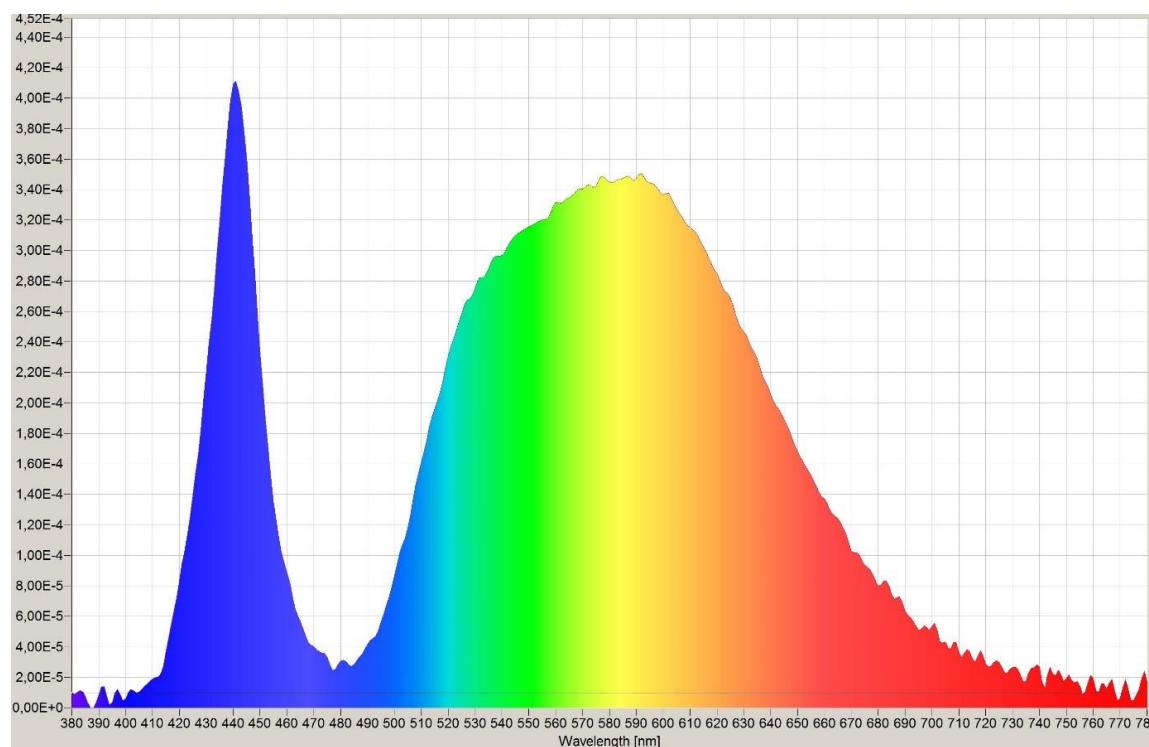
Tabell 4: Dimmeprofil som viser trinnvis reduksjon av lysstyrken

Belysnings-klasse	Tidspunkt for oppstart (kl)																		
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	Belysningen i prosent																		
M2 og M3	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100

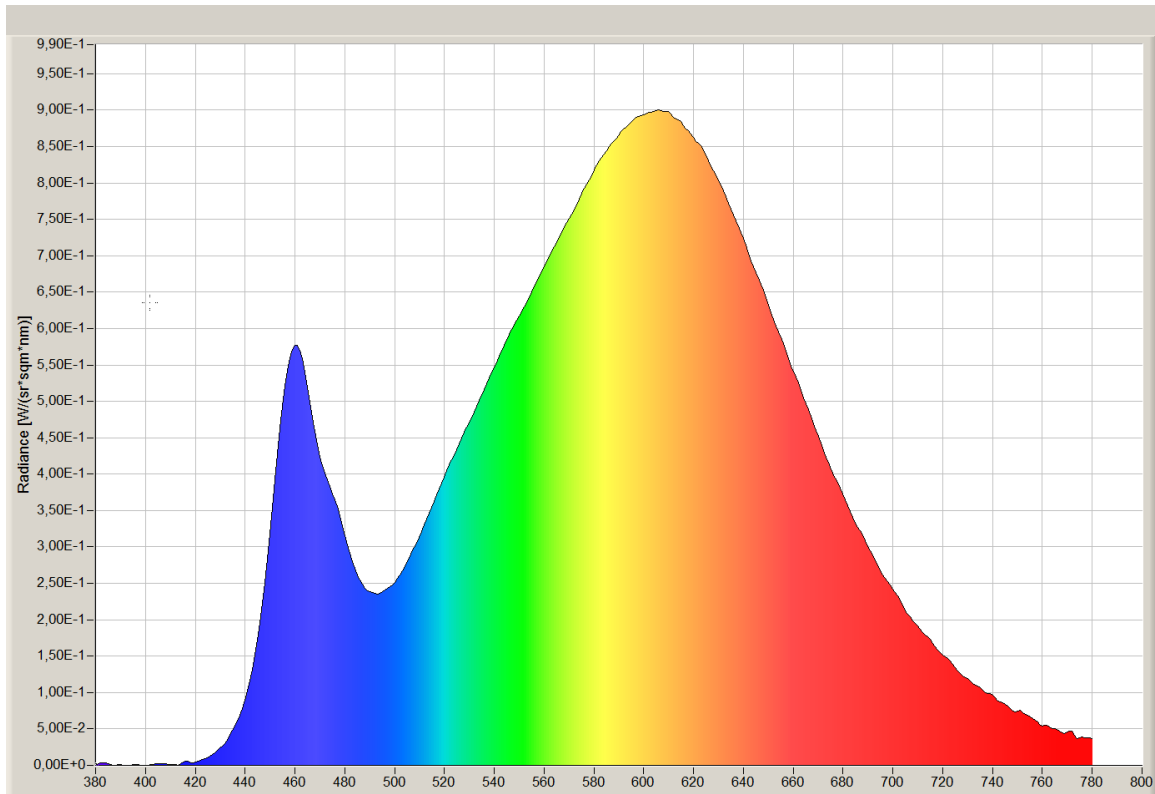
For dimming med bevegelsesdetektering monteres en detektor i hver armatur som registrerer bevegelse i dekningsområdet for armaturen. Når det detekteres bevegelse, vil lysanlegget settes til fullt lys. Den detektoren som detekterer bevegelse, sender da melding til de neste detektorene slik at disse også setter på fullt lys. Typisk er at det er fem armaturer i forkant av den detektoren som har registrert bevegelse som settes til fullt lys. Lyset beveger seg da som en «bølge» foran kjøretøyet. Etter en gitt tid uten registrering av bevegelse vil anlegget dempes med til typisk 20 % av fullt lys. Lenken viser til en film med den beskrevne funksjonen: <https://youtu.be/RlqXquifMws>

Lyskildenes spektralsammensetning

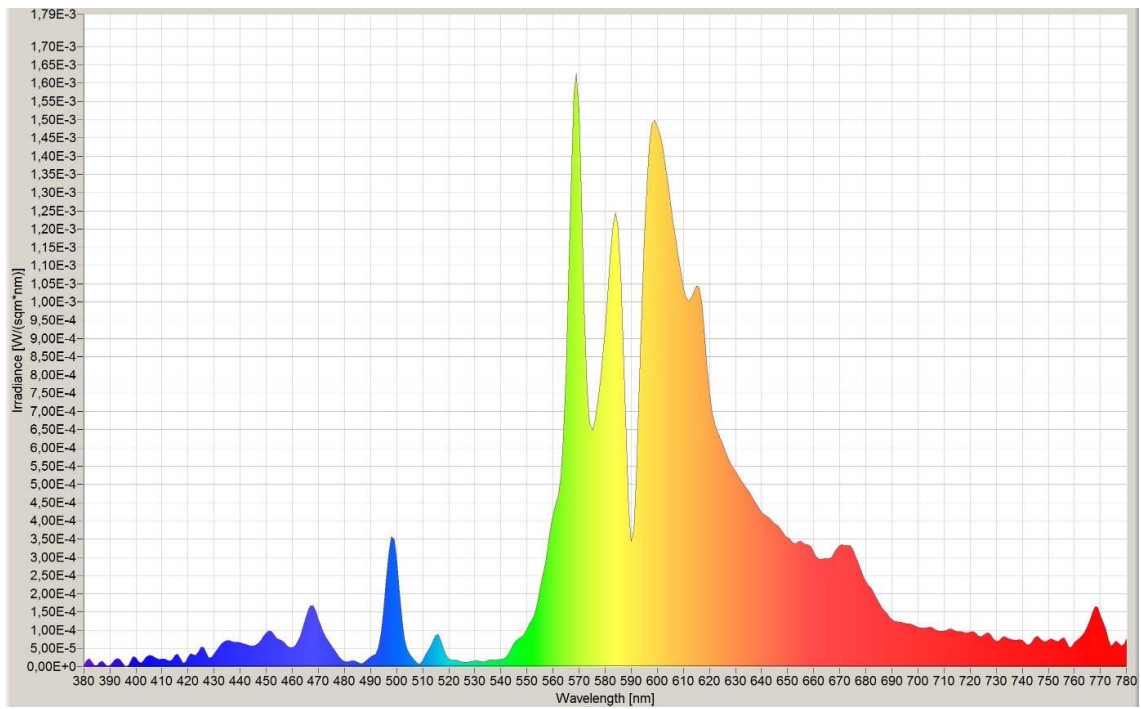
I dag er det krav til at det skal brukes LED lyskilder med 3000° K. Ser vi på den spektrale sammensetningen for 3000 og 4000° K ser vi at det er liten forskjell i sammensetningen (Figur 6 og 7). Det bør legges merke til at skalaen for y-aksen i grafene nedenfor varierer noe.



Figur 6: LED spektralsammensetning ved 4000 K



Figur 7: LED spektralsammensetning ved 3000 K



Figur 8: NaH spektralsammensetning ved 2000 K

3 Effekt av kunstig belysning nattetid på insekter

I dette kapitlet har vi tatt utgangspunkt i rapportene skrevet av Follestad (2014) og Jägerbrand m.fl. (2018) og den belysningen som er langs norske veger i dag. Vi har gjennomført et litteratursøk i ISI Web of Science og på internett, med vekt på årene 2017-2021 og på informasjon fra Norge og andre land med lysforhold, klima og insektfauna som er relevante for norske forhold. På grunn av de begrensede ressursene i prosjektet har vi kun gått gjennom et begrenset antall publikasjoner og vi har ikke kunnet gå inn i alle originalartiklene som det refereres til i den litteraturen vi har brukt.

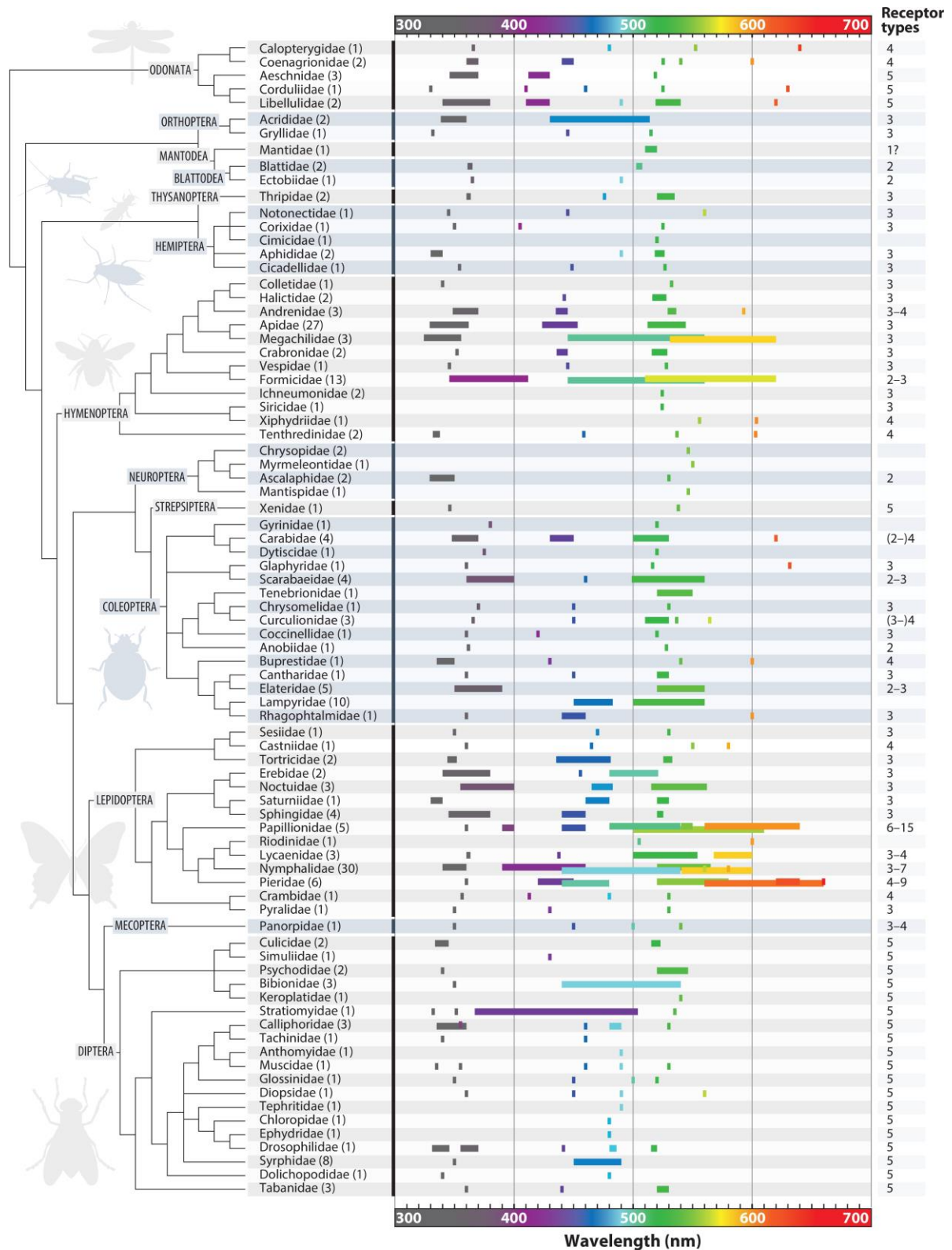
3.1 Kort om insekters oppfatning av og respons på lys

Insekter har både visuelle fotoreseptorer (øyne) og ikke-visuelle reseptorer for å fange opp signaler i lyset (bølgelengde, intensitet, polarisert lys, tid med dagslys og mørke per døgn). Disse lyssignalene brukes til livsviktig aktivitet som å orientere seg i omgivelsene, unngå predasjon og lokalisere næring (vertsplanter, vertsdyr, byttedyr), make og eggleggingsplasser (Warrant og Nilsson 2006, Johansen m.fl. 2011, Follestad 2014.). Antall timer med lys over et visst nivå per døgn (daglengden) og bølgelengder særlig i det blå området av lysspekteret har en viktig funksjon i reguleringen av døgn- og årstidsrytmer hos insekter (Saunders 2002, Johansen m.fl. 2011, Jägerbrand m.fl. 2018). Det naturlige, daglige skiftet mellom dagslys og mørke er avgjørende for når på døgnet dagaktive, nattaktive og skumringsaktive insekter er i aktivitet, f.eks. når de tar til flukt, leter etter næring, parrer seg og legger egg, skifter hud og klekker fra pupper. Daglengden styrer også årstidsrytmer som diapause og migrasjon (Johansen m.fl. 2011).

Insektenes synssystem har utviklet seg over svært lang tid under stabile naturlige lysregimer, der lyset har styrt viktige økologiske prosesser i insektenes leveområder (Follestad 2014). Synssystemet og responsen på lyssignaler hos en insektart er godt tilpasset artens habitat, næringspreferanse og aktivitetsmønster i form av følsomhet for ulike deler av lysspekteret, oppdagbare lysnivåer og øynenes temporære oppløsning slik at de kan undersøke sine omgivelser (Follestad 2014, Jägerbrand m.fl. 2018). Det kan dermed være stor variasjon i de ulike artenes/artsgruppens visuelle kapasitet og reaksjonsmønster. Insekter som er aktive i tussemørke eller om natten har som oftest høy lysfølsomhet (kan oppfatte svakt lys) men fotoreseptorer er gjerne få og har lav temporær oppløsning. Arter som er aktive i dagslys og beveger seg raskt, som f.eks. bier og øyenstikkere har som oftest flere fotoreseptorer med høy temporær oppløsning som gir bedre fargesyn og et bedre bilde av omgivelsene (Owens og Lewis, 2018).

Oversikt over spektralsensitiviteten hos 221 insektarter i 82 slekter i ordenene sommerfugler, øyenstikkere, kakerlakker, knelere, rettvinger, nettvinger, nebbfluer, nebbmunner, trips, viftevinger, tovinger og veps og biller finnes hos Van der Kooi m.fl. (2021, figur 2) og gjengitt her i Figur 9. Der fremgår det at de fleste artene er trikromatiske med fotoreseptorer som er følsomme for ultrafiolette (UVA), blå og grønne bølgelengder, men flere arter har i tillegg reseptorer som er følsomme for lengre bølgelengder. Aktivitet som positiv eller negativ fototaksis (dvs. spontant rettet bevegelse hhv. mot eller fra en lyskilde) og navigering krever ikke fotoreseptorer med høy temporær oppløsning og det kan være nok med et dikromatisk system. Det å oppdage eller gjenkjenne objekter (f.eks. vertplanter eller byttedyr) er en mer kompleks prosess som involverer både spontane valg og tillært atferd og har sannsynligvis ført til den høye variasjonen i fargesyn hos insektgrupper som sommerfugler. Van der Kooi m.fl. (2021) skriver at fargesyn er funnet både hos dagaktive og nattaktive insekter, men det mest komplekse systemet er funnet hos dagaktive artsgrupper som øyenstikkere og sommerfugler.

Synssystem, sirkadiske rytmer og biologisk og atferdsmessige respons på lys er nærmere beskrevet hos bl.a. Saunders (2002), Warrant og Nilsson (2006), Jägerbrand m.fl. (2018), Owens og Lewis (2018), Owens m.fl. (2020) og van der Kooi m.fl. (2021).



Figur 9: Maksimum spektralfølsomhet fotoreseptorene hos insekter, gruppert etter orden og familie. Antall arter som er studert er vist i parentes etter familienavnet. Copyright © Casper J. van der Kooij m.fl. (2021).

3.2 Effekt av nattlig belysning på insekter

Oversikter over hva som per i dag er kjent om effekten kunstig belysning om nettene er oppsummert hos bl.a. Jägerbrand m.fl. (2018), Owens og Lewis (2018), Desouhant m.fl. (2019), Owens m.fl. (2020), Jägerbrand og Bouroussis (2021), Ljungentorp (2021), Lockett m.fl. (2021).

De siste årene er det publisert en økende mengde artikler der det advares mot at kunstig belysning om natten (KBON) kan ha negativ påvirkning på fitness og biodiversitet hos insekter (oppsummert hos Ljungentorp, 2021). Nattlig belysning som forstyrrer insektenes oppfatning og tolkning av naturlige lys- og mørkesignaler kan få betydning for hvor godt de klarer å orientere seg i omgivelsene, hvor godt de kommuniserer med andre individer av samme art og med andre arter som de er avhengige av, og kan forstyrre reguleringen av døgn- og årstidsrytmer. Dette kan få negativ effekt på livsviktig aktivitet som migrasjon, søk etter næring, make, skjul og identifikasjon av egnede eggleggingsplasser, og på evnen til å beskytte seg mot naturlige fiender. Det kan også føre til forstyrret fenologisk synkronitet hos arter som er avhengige av hverandre (f.eks. mellom herbivore insekter og deres vertplanter, pollinatorer og blomstrende planter, og mellom rov- og bytteinsekter). Insektene er avhengige av å registrere en kombinasjon av redusert temperatur og daglengde utover ettersommeren og høsten for å gå inn i diapause slik at de overlever vinteren. Hvis det naturlige skiftet mellom natt og dag blir tilstrekkelig kamuflert av kunstige lyskilder kan dette forstyrre diapauseinduksjonen og redusere vinteroverlevelsen. Blir påvirkningen av den kunstige belysningen om natten stor nok over tid kan det føre til redusert reproduksjonssuksess, pollineringsuksess og overlevelse hos insekter og -samfunn og redusere biodiversiteten (Knop m.fl. 2017, Grubisic m.fl. 2018, Owens et al. 2020, Ljungentorp 2021). Jägerbrand og Bouroussis (2021) skriver at de økologiske konsekvensene kan gi risiko for negativ effekt på biodiversitet på flere nivå: på populasjoner, på samspill mellom arter, på artssammensetning og på økosystem. Figur 1 hos Owen m.fl. (2020) viser noen eksempler på hvordan nattlig belysning kan påvirke insekters fitness negativt, gjengitt her i Figur 10.

Owens m.fl. (2020) har gjort et omfattende litteraturstudium (refererer til 229 publikasjoner) og skriver at det er påvist negativ effekt av kunstig belysning om natten på fitness hos mange insektordener, bl.a. hos en eller flere arter innen biller (Coleoptera), saksedyr (Dermaptera), tovinger (Diptera), nebbmunner (Hemiptera), veps (Hymenoptera), sommerfugler (Lepidoptera), rettvinger (Orthoptera), samt pollinatorsamfunn sammensatt av insekter fra flere ordener og vannlevende insekter og amfipoder. Forfatterne argumenterer for at kunstig nattbelysning påvirker viktige biologiske funksjoner hos både natt- og dagaktive insekter på måter som både er relatert og urelatert til fototaktisk atferd (det de kaller «fly-til-lyset-aktivitet»). Eksempler er gitt i Tabell 5.

Det antas at kunstig belysning er en hittil oversett faktor som bidrar til den tilbakegangen i antall insekter og insektsamfunn vi har sett i senere tid (Grubisic m.fl. 2018 og andre referanser hos Owens m.fl. 2020). Grubisic m.fl. (2018) skriver at det å forstå hvor mye kunstig belysning om natten, sammen med andre faktorer, bidrar til tilbakegangen av insekter er et viktig skritt mot å redusere og gjenopprette insektfaunaen i landskapet vårt og opprettholde viktige økosystemtjenester.



Figur 10: Eksempler på negative effekter av kunstig belysning om natten på insekters fitness.

A) Arter som tiltrekkes sterkt av lys (viser positiv fototaksis) flyr mot lamper og belyst område (såkalt «støvsugereffekt»). De fanges i lyskretsen og kommer seg ikke videre til områder med nødvendige ressurser som næring, make, eggleggingsplasser og skjul. **B)** Arter som skyr lys (viser negativ fototaksis) unngår belyste områder som kan inneholde viktige ressurser for dem. **C)** Lys som polariseres kan narre døgnfluer o.a. akvatiske insekter til å legge egg på tørre overflater der larvene ikke kan overleve. **D)** Kunstig belysning kamuflerer naturlige nattlige lyskilder fra himmelen og lyssignal fra insekter som bruker dette til kommunisering, noe som kan forstyrre navigering, næringsøk og reproduksjon. **E)** På kort sikt kan nattlig belysning endre den biologiske rytmen for aktivitet og hvile hos insektene slik at dagaktive insekter forlenger sin aktivitet utover kvelden og ikke får naturlig hvile/nødvendig mørkeperiode, mens strengt nattaktive arter får kortere tid til sin aktivitet. **F)** Det er vist at repeterende forstyrrelse av døgnrytmen kan føre til endret utvikling og fenologi hos bladlus og sirisser på lang sikt. **G)** Rytmeforstyrrelsene kan dermed føre til fenologisk mismatch mellom plante- og insektarter som er avhengige av hverandre, noe som kan få negativ kaskadeeffekt på pollineringsuksess og interaksjoner mellom planter og herbivore insekter og mellom insekter og deres naturlige fiender. Dette kan få konsekvenser for hele næringsnettene. (Figur og fritt oversatt tekst fra Owens m.fl., 2020).

Tabell 5: Eksempler på effekten av kunstig belysning om natten (KBOM) på vital fitness-relatert utvikling og atferd i forskjellige taksonomiske grupper av insekter (fritt oversatt etter Owens m.fl. 2020, tabell 1) og registrering av disse artene/artsgruppene i Norge ifølge Artskart. I eksempler merket med * har effekten av KBOM på fitness blitt vist direkte, for de andre eksemplene er det vist et klart potensial for den beskrevne påvirkningen, men KBOM var ikke fokus i disse studiene. Referanser til studiene finnes hos Owens m.fl. (2020).

Utvikling/ atferd	Respons på KBOM	Fitnesskostnad	Eksempel på art eller artsgruppe	Registrert i Norge/Artskart
Utvikling	Tidsmessig desorientering	Raskere, saktere eller svekket vekst hos juvenile stadier.	<i>Teleogryllus commodus</i> , (Rettvinger: Gryllidae- Sirisser)*	Nei
Bevegelse	Positiv fototaksis	Insekter fanges i lyset fra lyspunktene og kommer seg ikke videre eller drepes. Såkalt støvsugereffekt.	Mange nattaktive arter sommerfugler i flere familier («Macro moths»)*	Flere arter
	Negativ fototaksis ¹	Insekter som unngår å bevege seg gjennom eller rundt oplyste	Vannlevende insekter i bl.a. tovinger, vårfluer, døgnfluer og biller*	-

Utvikling/ atferd	Respons på KBOM	Fitnesskostnad	Eksempel på art eller artsgruppe	Registrert i Norge/Artskart
		områder hindres i effektiv spredning		
	Romlig desorientering ²	Forstyrrer navigering hos invertebrater som bruker måne og stjerner for å orientere seg	Lys sandhopper, <i>Talitrus saltator</i> (Amfipoder: Talitridae)	Lys sandhopper
	Tidsmessig desorientering ³	Forstyrrer bevegelse o.a. aktivitet hos nattaktive insekter	<i>Empoasca onukii</i> (Nebbmunner: bladsikader- Cicadellidae)*	<i>Empoasca</i> - slekten (ikke arten)
Næringsøk	Positiv fototaksis ¹	Insekter som er fanget rundt eller under lyspunktene leter ikke etter næring på normal måte	Pollinatorsamfunn (biller, saksedyr, tovinger, nebbmunner, veps, sommerfugler, nettvinger, rettvinger)*	Flere arter (insekter og planter)
	Negativ fototaksis	Insekter som skyr lys kan ikke utnytte næringsressursene i det belyste området	<i>Hemideina thoracica</i> () og <i>hulegresshopper</i> (Rettvinger: <i>Anostomatidae</i> og <i>Rhaphidophoridae</i>)*	Nei (finnes kun i New Zealand)
	Tidsmessig desorientering	Insekter som havner i en ny nisje, er uforberedt på næringsopptak der	Afrikanske gjødselbiller (arter i slekten <i>Onitis</i> og <i>Heteronitis castelnaui</i> (Biller: Skarabider- Scarabidae)	Nei
	Endret gjenkjenning ⁴	Unaturlig lysspektrum maskerer visuelle signaler insektene bruker til å identifisere næringskilder og byttedyr/verter	Bladlussnyltevepsen <i>Aphidius ervi</i> (Veps: <i>Braconidae</i>)*	Nei (brukes i biologisk bekjempelse i veksthus)
	Indirekte effekt ⁵	Dårligere næringsstilgang pga. lysets virkning på vertplantene	Ertebladlus, <i>Acyrtosiphon pisum</i> (Nebbmunner: Bladlus- Aphidiae)*	Ja
Reproduksjon	Kjønnforskjellig fototaksis	Ufordelaktig kjønnsfordeling i populasjoner	Brun høstmåler, <i>Operophtera brumata</i> , Sommerfugler: Målere-Geometridae*	Ja
	Tidsmessig desorientering	Fysiologiske effekter av lyset kan føre til sterilitet/reduert fertilitet	Bananflue, <i>Drosophila melanogaster</i> (Tovinger: Fruktfluer-Drosophilidae) *	Ja

Utvikling/ atferd	Respons på KBOM	Fitnesskostnad	Eksempel på art eller artsgruppe	Registrert i Norge/Artskart
	Endret gjenkjenning	Lyset maskerer visuelle signaler insektene bruger for å finne/kurtisere potensiell partner	Flere arter (Biller: Lysbiller-Lampyridae)*	Sankthansorm, <i>Lampyris noctiluca</i>
Predasjon	Positiv fototaksis	Insekter som er fanget rundt eller under lyskilden er utsatt for predasjon	<i>Lethocerus deyrolli</i> (Nebbmunner: Belostomiatidae)*	Nei
	Endret gjenkjenning	Unaturlig lysspektrum skjuler varsel- og/eller kamuflesjefarger hos bytteinsekter	<i>Heliconius</i> -arter (Sommerfugler: Nymfevinger- Nymphalidae)*	Nei
	Indirekte effekt	Økt belysning fordel for predatorer som bruker synet når de jakter	Sjuprikket mariehøne, <i>Coccinella septempunctata</i> og <i>Coleomegilla maculata</i> (Biller: Mariehøner- Coccinellidae); ertebladlus, <i>Acyrtosiphon pisum</i> (Nebbmunner: Bladlus- Aphidiae) som byttedyr*	<i>C. septem- punctata</i> , <i>A. pisum</i>

Begreper brukt i tabellen (Nærmere beskrivelse av begrepene for respons på KBOM finnes hos Owens og Lewis (2018):

¹Positiv og negativ fototaksis refererer til impulsiv bevegelse hhv. mot eller vekk fra en lyskilde

²Romlig desorientering betyr en svekket evne til å navigere på grunn av endrede signaler fra omgivelsene

³Tidsmessig desorientering oppstår fra forstyrrelse av døgnrytmer

⁴Endret gjenkjenning refererer til virkningen ekstra og/eller spektralt unaturlig belysning har på oppfatningen av visuelle signaler

⁵Indirekte effekter er nedenfra og opp- eller ovenfra-ned-effekter av KBOM på matplanter, byttedyr, verter eller naturlige fiender.

3.3 Potensielle effekter av vegbelysningen på insekter

I hvor stor grad insektene blir påvirket av gatebelysningen vil avhenge av mange faktorer (Follestad 2014; Jägerbrand m.fl. 2018). Særlig viktig er:

1. Lysets spektralbredde, spektralsammensetning og fargegjengivelsesindeksen i forhold til insektenes visuelle kapasitet og sensitivitet for ulike bølgelengder.
2. Intensiteten på lyset som når insektets lysfølsomme reseptorer i forhold til insektenes lysfølsomhet.
3. Varighet av belysningen i forhold til insektenes krav til spesifikk daglengde for å styre døgn- og årstidsrytmer.
4. Om det forekommer plutselige endringer i lysspektrum og intensitet (f.eks. flere perioder der lyset slås av og på i løpet av natten) som kan ha rytmeforstyrrende virkning på insektene.

5. Størrelse på området som blir belyst (tetthet av lyspunktene og rekkevidden av det lyset som oppfattes av insektene) i forhold til størrelsen på insektets leveområde.
6. Retning på lyset fra lyskilden i forhold til hvor insektene oppholder og forflytter seg.
7. Flimringsfrekvens i forhold til de ulike insektenes evne til å oppfatte dette.
8. Om lyset polariseres i områder med insektarter som er sårbare for å ledes på avveie av kunstig polarisering, som f.eks. vannlevende insekter.

Effekten av vegbelysningen må sees i sammenheng med påvirkning av annen belysning som f.eks. diffus belysning fra byer o.a. urbane områder og belysning knyttet til bygninger, og annen infrastruktur, parkanlegg osv.

Vegbelysningen langs fylkes- og riksvegnettet i Viken varierer både når det gjelder lysspektrum, lysintensitet, fargetemperatur, skjerming, lysets rekkevidde, belysningstid og dimming. Belysningen langs de ulike vegstrekningene vil derfor påvirke fitness hos insekter på ulike måter og i ulik grad. Det er svært få studier der effekter av vegbelysning på insektlivet er undersøkt isolert (Jägerbrand m.fl., 2018) og det foreligger få studier av hvordan vegbelysning påvirker på insektfaunaen i land med forhold og arter som er relevante for Norge. Det er også usikkert i hvor stor grad vi kan generalisere de effektene som er funnet. Vi kan derfor kun skissere antatte og mulige virkninger av den belysningen som brukes i dag.

Langs det utvalgte fylkes- og vegnettet i Viken består de fleste lyspunktene vi har opplysninger om av høytrykk natrium damplamper (NaH) og LED-lamper. NaH-lampene gir en høy irradians i den grønn-gul-oransje delen av lysspekteret i forhold til blå bølgelengder, har et lysutbytte på 17500-33200 lm og fargetemperaturen er 2000 Kelvin. Den relativt lave fargegjengivelsesindeksen (≥ 25) gjør at fargen på omgivelsens i det belyste området blir unaturlig. Lampene avgir en del strålingsvarme til omgivelsene som insekter i nærheten kan oppfatte gjennom varmesensitive sensorer. Det er liten mulighet for dimming, og lyset er vanskeligere å avskjerme enn lyset fra LED-lampene. LED-lampene har en større andel blått lys i forhold til lengre bølgelengder enn NaH-lampene, særlig i området 410-480 nm men har omtrent samme lysutbytte. Fargetemperaturen er 3000 (foretrukket i nye installasjoner) eller 4000 K som gir ganske god fargegjengivelse ($Ra \geq 70$), dvs. at omgivelsene i det belyste området har relativt naturlig farge. Lampene har kjøling, så det avgis liten strålingsvarme. Det er relativt gode muligheter for demping og skjerming av lyset. En omfattende beskrivelse av LED som lyskilde finnes hos Jägerbrand m.fl. (2018).

Vegbelysningen bidrar til lysforurensning om natten. Owens og Lewis (2018) skiller mellom **astronomisk og økologisk lysforurensning**. Den førstnevnte er opplysning av himmelen fra belyste områder (diffus belysning). Dette lyset kan spres langt slik at det dekker områder langt utover belysningens opprinnelse og blir ikke blokkert av lokale terrengforhold. LED-lamper med mye blått lys kan uten god avskjerming gi høyere astronomisk lysforurensning enn NaH lamper fordi det blå lyset spres og reflekteres mer i atmosfæren enn mer langbølget lys. Tilpasning av spektralfordelingen og lysmengden fra LED-lampene kan muligens redusere dette problemet (Jägerbrand m.fl. 2018). Økologisk lysforurensning får vi når habitater på bakken blir infiltrert av lys fra punktkilder, som rekker av lys fra lysmaster langs vegene. Denne typen lysforurensning kan påvirke lokale insektarter og -samfunn selv om de ikke fører til astronomisk lysforurensning. Både astronomisk og økologisk lysforurensning kan påvirke insekters fitness og biodiversitet negativt (Owens m.fl. 2020). Den økologiske lysforurensningen vegbelysningen vil ha størst relativ betydning for insekter i habitater som ligger utenfor rekkevidden av astronomisk lysforurensning fra tettbygde strøk.

Skjerming av lyspunktene ved at baklys og framlys reduseres og lyset rettes strengt nedover vil kunne redusere den astronomiske lysforurensningen, men kan likevel påvirke lokal biodiversitet. Hvilke deler av insektfaunaen som blir mest påvirket av lyset fra lysmastene avhenger bl.a. av hvor insektene

befinner seg i forhold til retningen på lyset. Vi kan anta at skjerming som retter lyset nedover vil ha større effekt på bakkelevende insekter enn på insekter som befinner seg i lufta, mens lys som rettes oppover eller er dårlig skjermet sannsynligvis vil ha stor effekt på flygende insekter og insekter som for eksempel oppholder seg i opplyste trær innenfor lyskretsen (Owens og Lewis, 2018). Høyden på lyskilden over vegen, sammen med avskjermingsmetoden, vil sannsynligvis kunne ha betydning for hvor stor påvirkning lyset har på flygende insekter.

De fleste dag- og nattaktive insekter kan oppfatte korte **bølgelengder** i området mellom ultrafiolett A (UVA) og grønt (Jägerbrand m.fl. 2028, Owens m.fl. 2018, van der Kooi m.fl. 2018). Mange insekter tiltrekkes sterkt av lys, særlig nattaktive sommerfugler, men også andre insektgrupper som biller, tovinger og veps (Follestad m.fl. 2014, Jägerbrand m.fl. 2028, Owens m.fl. 2018). Det er særlig UVA, blått og grønt lys som virker tiltrekkende, selv om mange insekter også kan oppfatte og respondere på lengre bølgelengder (Johansen 2012 van der Kooi m.fl. 2018). De LED-lampene som brukes i dag har mer blått lys i forhold til lengre bølgelengder enn NaH-lampene, særlig i området < 500 nm. Det antas derfor at disse LED-lampene vil ha større tiltrekningskraft på positivt fototaktiske insekter enn NaH-lampene.

Knop m.fl. (2017) undersøkte effekten av LED-belysning på et pollinator/plante-nettverk i et forsøk anlagt i en eng i tidlig suksesjonsstadium («ruderal meadow») i prealpene i Sveits. De fant at pollinatorenas nattlige besøk hos plantene ble redusert med 63 %. Dette resulterte i at fruktsettingen hos fokusarten kåltistel (*Cirsium oleraceum*) ble redusert med 13 % selv om plantene ble besøkt av dagaktive pollinatorer. De fant også at den negative effekten av forstyrret nattlig pollinering tenderte til å spre seg til det dagaktive pollinatorsamfunnet (Knop m.fl. 2017). Kåltistel og flere av pollinatorartene er registrert i Norge (jfr. Arstkart).

Det er vist at også NaH-lamper kan påvirke forekomsten av invertebrater i et habitat. Jägerbrand m.fl. (2018) refererer til et forsøk i et fuktig grasområde i Tyskland der belysningen økte forekomsten av ulike insektarter og edderkopper og reduserte mengden løpebiller i løpet av en toårsperiode.

Lampenes **fargegjengivelsesindeks** påvirker fargen på de ressursene insektene bruker i habitatet, som f.eks. vertsplanter og byttedyr (Owens og Lewis, 2018). Dersom disse får en unaturlig farge, kan det hindre insektene i å finne dem. LED-lampene langs vegnettet har en høy fargegjengivelsesindeks med relativt naturlig fargegjengivelse, så vi kan anta at insektenes søk etter næring o.a. ressurser ikke blir påvirket i særlig grad. NaH lampene har en mye dårligere fargegjengivelsesindeks og skaper et unaturlig lys. Det er likevel godt kjent fra veksthusproduksjonen, der NaH-lamper har vært mye brukt, at insekter finner veien til vertsplantene likevel. Kontrollerte valgforsøk utført i veksthus i mørket om morgenen i november har f.eks. vist at veksthusmellus *T. vaporariorum* ble sterkt tiltrukket og landet på julestjerneplanter som ble belyst med NaH-lamper (90% av utstrålt energi i det gulrøde området), mens de landet i liten grad eller ikke i det hele tatt på planter som ble belyst med hhv. 20 % rød (650-670 nm) + 80% smalspektret blå LED (455-485 nm) eller kun blå LED (100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$). Strålingsvarme kan ha bidratt til mellusens tiltrekning til plantene som ble belyst med NaH (Johansen 2012). Hva som styrer insektenes atferds er en komplisert prosess, f.eks. tar de valg om å fly mot og lande på planter og fargede feller ut fra en kombinasjon av lukt- og lyssignaler i omgivelsene (Johansen m.fl. 2018).

Insektene vil helt klart oppfatte det sterke lyset som stråler ut fra veglysene. Det foreligger mange rapporter om «**støvsugereffekten**» som tiltrekker og fanger insekter rundt og under lyset og hindrer dem i å bevege seg videre og gjør dem utsatt for predasjon (f.eks. Follestad 2014, Jägerbrand m.fl. 2018, Owens m.fl. 2020), men på hvor lang avstand insektene vil oppdage lyset og respondere atferdsmessig eller fotoperiodisk på det er lite kjent. Jägerbrand m.fl. (2018) skriver at kunstige lyskilder (ikke spesifisert) kan virke attraktive på insekter på mer enn 500 m avstand, avhengig av bl.a. bakgrunnslys og insektartens lysfølsomhet. Belysning av vann med kunstig lys kan tiltrekke vårfluer fra flere 100 meters avstand.

Veglysene tennes om kvelden og slukkes om morgenen når dagslyset er 20-25 lux. Kravet til belyningsklasser i Tabell 2 er hentet fra N100 Veg og gateutforming pkt. 4.6.2 hvor kravet til kjørebans luminans er, for klassene M1-M5, 2.0-0.5 cd m⁻². I ny V124 anbefaler Statens vegvesen at lyset gradvis dimmes ned til 50 % (2 belyningsklasser) av valgt belyningsklasse fra kl. 00-05 ved bruk av midtpunktsdimming og at det brukes automatisk dimming til 20 % av valgt belyningsklasse når biler ikke er til stede. For klassene M1-M5 blir kravet til luminans på vegbanen 1.0-0.3 cd m⁻² ved midtpunktsdimming og 0.4-0.1 cd m⁻² ved bruk av bevegelsesdetektering i de periodene det ikke blir detektert bevegelse i dekningsområdet. Kravet for området utenfor hvit kantlinje (sidearealet) er gitt i lux av beregnet luminansnivå for nærmeste kjørefelt. For en veg med krav om 1.0 cd m⁻² tilsvarer dette ca. 15 lux og da vil kravet til belyningsstyrke på sidearealet være 30% av dette, dvs. 4.5 lux. Kravet om belysning på sidearealet er gitt i forhold til nærmeste kjørefelt. Kravet til luminans på kjørebans er gitt for det feltet med lavest verdi. På en tofelts veg hvor mastene er plassert på den ene siden må altså kravet til luminans innfris for det kjørefeltet som ligger lengst fra masten. Det vil si at det blir mere lys på sidearealet nærmest masten enn det sidearealet som ligger lengst fra masten, og begge har krav om 30% av nærmeste kjørefelt.

Hvor lav lysintensitet som induserer typiske atferdsmønstre eller påvirker den biologiske klokken er for mange arter/artsgrupper ikke kjent. Men vi vet at natt- og skumringsaktive insekter har veldig høy lysfølsomhet, og dermed kan oppfatte svært svakt lys. Noen arter kan ha fargesyn helt ned til 0.0001 cd/m², f.eks. nattaktive pollensøkende insekter (Jägerbrand m.fl. 2018). Flere insektarter orienterer seg etter astronomisk lyssignal, bl.a. fra månen. Jägerbrand m.fl. (2018, tabell 4) oppgir at månen har en belyningsstyrke på 0.01-0.3 lux målt på bakkenivå, etter hvor full den er. Astronomisk lysforurensning kan ligge mellom 0.001-0.5 lux, så de mest lysfølsomme artene kan påvirkes av dette. Jägerbrand m.fl. (2018) oppgir som eksempel en middelvei på 4.83 lux for 20 punkter mellom to lysmaster for 25W LED-belysning, og refererer til undersøkelser som anslår at en lysintensitet på 0.1 lux kan ha effekt på aktivitet og 0.5-1.0 lux kan ha store økologiske effekter på virvelløse dyr. Som et eksempel vises det til at forplantningen til den nattaktive nattflyarten *Helicoverpa zea* krever at lysintensiteten ikke blir høyere enn 0.1 lux.

Lysbiller (*Lampyridae*) lager lyssignaler (bioluminescence) for å kommunisere seg imellom i mørke. En oversikt hos Owens og Lewis (2018) viser at en lysintensitet helt ned til 0.05 lux kan hindre denne signaliseringen, men også at det er stor variasjon hos de ulike artene (fra 0.05 til > 300 lux). Hos hunner i en dansk populasjon av sankthansorm (*Lampyris noctiluca*) (finnes i Norge, jfr. Artskart), var 1.3 – 0.28 lux dimt nok til at sankthansormen sendte ut lyssignaler, mens 10 lux hindret denne signaliseringen.

De aller fleste insektartene er inaktive i den kalde årstiden, når temperaturen er under 0°C. Det er viktig at diapausen som gjør insektene kuldeherdige og i stand til å overleve vinteren blir indusert og avsluttet til rett tid, slik at insektene ikke fryser i hjel eller starter aktiviteten på et ugunstig tidspunkt på våren. Induksjon og avslutning av diapause hos det insektstadiet som skal overvintre er som regel styrt av gradvis minkende og økende **daglengde og temperatur** hhv. høst og vår. Den kritiske daglengden og temperaturen som trengs for å avslutte og starte aktiviteten høst og vår har gjennom evolusjonen blitt tilpasset en kombinasjon av insektenes naturlige geografiske levested, levesett og av hvilke ressurser de er avhengige av, og vil derfor varierer fra art til art og mellom populasjoner av same art. For eksempel vil klekkingen av overvintrende insekter på trær skje samtidig med knoppsprett slik at larvene straks finner mat av god kvalitet.

Den biologiske klokken hos insektene kan bli forstyrret dersom de blir eksponert for intens og/eller langvarig lys. De LED-lampene som brukes i dag har forholdsvis mye av det biologisk aktive blå lyset, og det antas derfor at kunstig LED-belysning som forlenger daglengden inn i mørkeperioden kan forstyrre døgnrytmen og årstidsrytmen, og dermed mønsteret for aktivitet og hvile gjennom døgnet og tidspunktet for diapauseinduksjon om høsten (Saunders 2002, Jägerbrand m.fl. 2018, Owens m.fl. 2020). Det er bl.a. vist at reproduktiv diapause kan hindres hos rovtegen *Orius indisiosus* hvis dagen

forlenges med fiolett-blått lys (400–500 nm) utover kritisk daglengde for diapauseinduksjon (Johansen m.fl. 2011). Også andre bølgelengder kan desynkronisere den sirkadiske klokken hos insekter, bl.a. monokromatisk gult lys fra lavtrykk natriumdamplamper (NaL) hos båtmøllarten *Pectinophora gossypiella* og av UV hos mørk jordhumle, *Bombus terrestris* (registrerti i Norge jfr. Artskart) (Owens og Lewis 2018).

Laboratorieforsøk har vist at viktigste biologiske prosesser kan hemmes hos nattaktive insekter dersom de blir eksponert for kunstig belysning hele døgnet, sannsynligvis pga. opphoping av melatonin. Man har f.eks. påvist redusert utslipp av hunnlige feromoner, svekket hanlig attraksjon, sterilitet hos hanner og redusert egglegging hos nattaktive sommerfugler (Owens og Lewis 2018). Eksponering til kontinuerlig belysning reduserte fitness også hos det dagaktive insektet veksthusmellus (*Trialeurodes vaporariorum*) (Johansen 2009). Vegbelysning som står på kontinuerlig fra mørkets frembrudd til det lysner om morgenen vil lyse opp de insekthabitatene som ligger langs vegen hele døgnet (naturlig lys om dagen og kunstig lys om natten). Owens og Lewis (2018) hevder at kunstig belysning sjelden kamuflerer den naturlige syklusen av dag og natt totalt, og at det er uvisst om funnene i laboratorieforsøkene kan overføres til naturlige insektpopulasjoner. De kaster også fram tanken om at insekter som lever med tilstrekkelig høy lysforurensning etter hvert kanskje vil utvikle samme aktivitetsmønster som arter som lever i polare strøk med midnattssol.

Flimring fra lamper kan oppfattes av insektarter som har fotoreseptorer med høy temporær oppløsning, som rasktflygende, dagaktive insekter (bl.a. vannymfer, fluer og honningbier). Effekten av flimring på atferd og fysiologi hos insekter er lite kjent, men der bl.a. vist at flimring kan redusere insekters tiltrekning til lys (Jägerbrand m.fl. 2018). Lys fra lamper kan **polariseres** når det treffer vann og andre overflater. Noen insektarter bruker polarisert lys til å orientere seg i forhold til sola og månen, og for mange vannlevende insektarter er polarisert lys også viktig for å kjenne igjen vannflater. (Jägerbrand m.fl. 2018). Hos disse artene kan kunstig polarisert lys forstyrre navigeringen og lokke dem til polariserende flater utenfor deres naturlige leveområde. For eksempel kan vannlevende insekter lures til å legge egg på tørre overflater. Vi har ingen opplysninger om flimring eller polarisering for belysningen langs vegnettet i Viken.

Vegbelysningen om vinteren vil sannsynligvis ha liten eller ingen effekt på insektene. Noen insektarter har imidlertid overvintringsstadier som muligens kan bli eksponert for lys om natten om vinteren, f.eks. vinteregg på trær innenfor belyst område. Vi har ikke funnet noen studier som har sett på om dette kan få betydning for fenologien hos insekter som overvintrer i belyste områder.

4 Geografiske analyser: naturtyper og truede arter

4.1 Datagrunnlaget

4.1.1 Naturtyper

Forvaltningen av naturtyper i Norge og ivaretagelsen av deres mangfold er lovfestet gjennom Naturmangfoldloven. Ifølge §3 er en naturtype definert som «*ensartet type natur som omfatter alle levende organismer og de miljøfaktorene som virker der, eller spesielle typer naturforekomster som dammer, åkerholmer eller lignende, samt spesielle typer geologiske forekomster*».

Miljødirektoratet har utarbeidet instruks for kartlegging av naturtyper i Norge. Den første versjonen av DN-håndbok 13 kom i 1999 og ble senere revidert i 2007 (Direktoratet for naturforvaltning 2007). Naturtyper etter DN-håndbok 13 er det mest omfattende datasettet om naturtyper i Norge per i dag. Som følge av utarbeidelsen av den nye naturmangfoldloven og innføringen av klassifikasjonssystemet Natur i Norge (NiN) har naturtypene siden 2011 gjennomgått en stor revisjon med betydelige endringer og utvidelser i klassifikasjonssystemet. På grunn av sin store detaljgrad har kartleggingen imidlertid ikke kommet langt nok til at dataene fra det nye systemet kan tas i bruk for geografiske analyser for større områder. I denne analysen har vi derfor brukt de opprinnelige naturtypene etter DN-håndbok 13. Dette datasettet er tilgjengelig for hele Viken. Hver lokalitet har fått tilvist en verdi basert på forekomsten av rødlistearter og truede vegetasjonstyper. De tre klassene er A – svært viktig, B – viktig og C – lokalt viktig. Nærmere informasjon om verdissetingen finnes i DN-håndbok 13 (side 5-3).

I tillegg til det nye NiN-systemet, ble også en ny rødliste for naturtyper utarbeidet i 2011. Fordi det har skjedd store endringer i klasseinndelingen, er rødlista for naturtypene ikke direkte overførbare til de gamle DN-typene. Gaarder m.fl. (2012) har likevel forsøkt å koble DN-typene med de nye NiN-typene på rødlista. Oversikten fra Gaarder m.fl. (2012) ble derfor brukt i denne analysen for å rapportere om rødlistete naturtyper innenfor buffersonen.

Noen naturtyper er i tillegg utpekt som «utvalgte naturtyper» med en særskilt betydning for biologisk mangfold. Utvalgte naturtyper er lovfestet gjennom «Forskrift om utvalgte naturtyper etter naturmangfoldloven». Forskriften omfatter åtte utvalgte naturtyper:

- Kystlynghei
- Slåttemark
- Slåttemyr
- Kalklindeskog
- Kalksjøer
- Hule eiker
- Åpen grunnlendt kalkmark i boreonemoral sone
- Olivinskog

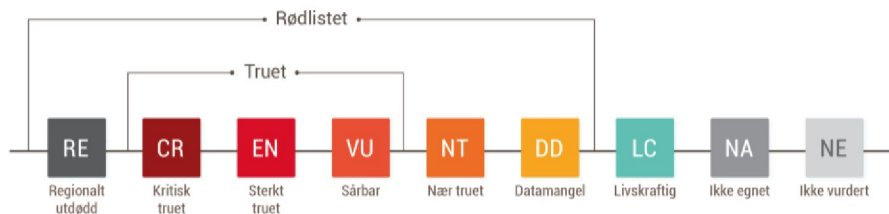
Naturtypene som geodata kan lastes ned direkte fra «Naturbase» som er Miljødirektoratets egen karttjeneste (<https://kartkatalog.miljodirektoratet.no/dataset/Details/10>)

4.1.2 Artsobservasjoner fra Artskart

Kartfestet informasjon om rødlistete insektarter er hentet fra Artsdatabankens tjeneste 'Artskart'. Databanken inneholder en omfattende samling av artsobservasjoner over hele landet. Rødlisten for arter ble utgitt av Henriksen og Hilmo 2015.

I vår analyse har vi tatt med observasjoner som oppfyller følgende kriterier:

- Artsgrupper i klassen Insekta
- Truete arter med status CR (kritisk truet), EN (sterk truet) og VU (sårbar) (figur 11)
- Kun observasjoner f.o.m. året 2000 (fram til 2021)



Figur 11: Avgrensning av truete arter fra rødlistearter (Kilde: Artsdatabanken)

I det følgende vil vi komme med noen generelle råd i forbindelse med bruk av artsobservasjoner i geografiske analyser. Datasettet inneholder flere usikkerhetsfaktorer som må tas hensyn til i enhver analyse av artsmangfoldet, samt tolkning av resultater. Vi har laget en oversikt over de vi mener er viktigst i forhold til de analysene vi har gjennomført i dette prosjektet:

a. Stedsunøyaktighet

Registreringer gjennomført i felt gjøres ofte ved bruk av mobiltelefon. Erfaringer viser at dette ofte kan resultere i en høy stedsunøyaktighet opptil flere titalls meter. Det forekommer også feilregistreringer av koordinatene.

b. Romlig bias i registreringene

Vi finner svært ofte en samling av artsobservasjoner i områder der det ferdes mange mennesker. Eksempler på dette er populære turområder, parker eller områder nær universiteter og botaniske hager.

c. Overrepresentasjon av populære arter

Artsdatabanken anslår at over en million forskjellige insektarter er beskrevet på verdensbasis, mens det i Norge er registrert over 17 000 forskjellige arter. Det store artsmangfoldet gjør at det er begrenset hvor mange som kan artsbestemme store deler av insektfaunaen. Det er også mange arter det er krevende å bestemme korrekt. Selv om mange registreringer er foretatt av utdannede entomologer, er disse ofte spesialiserte på noen få taksonomiske grupper. Dette gjør at vi gjerne får en overrepresentasjon av arter som er populære og forholdsvis enkle å bestemme (f.eks. dagsommerfugler).

d. Observasjoner viser kun tilstedeværelse, ikke fravær!

Spesielt viktig er det å huske at observasjoner fra Artsdatabanken kun viser at en art er eller har vært til stede på et visst tidspunkt, mens dataene ikke forteller noe om fraværet av en art. Slike data kalles «*presence-only*» data og de kan ikke brukes til å sammenligne ulike områder.

e. Forflytning av mobile arter

En annen utfordring med artsdata er at registreringene av mobile arter fort kan være utdaterte. Mens observasjoner av plantearter kan ansees som forholdsvis stabile over tid, er registreringer av fugler, pattedyr og flygende insekter forbundet med større usikkerhet siden disse artene lett kan forflytte seg.

Med dette som bakgrunn anbefaler vi å bruke artsregistreringene kun til å få et grovt inntrykk hvilke arter som har blitt registrert i et visst område. Det viktigste er å være bevisst de ovennevnte faktorene og hvordan de vil påvirke tolkning av den geografiske fordelingen av artsobservasjoner.

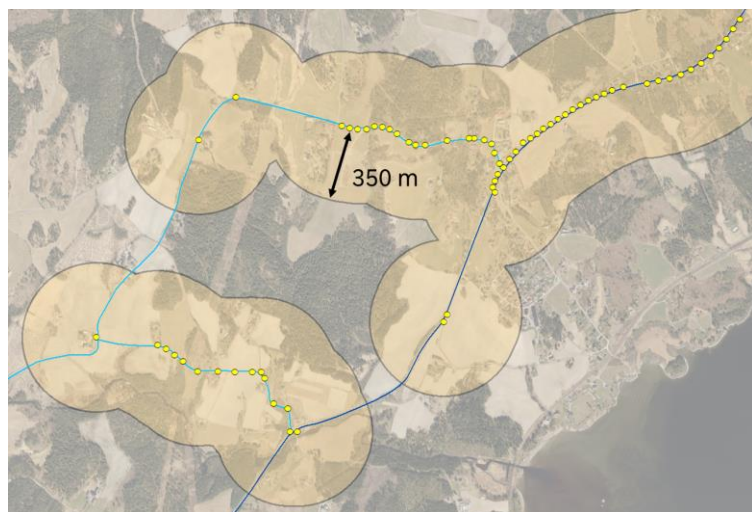
4.1.3 Belysningspunkter og øvrige vegdata

For gjennomføring av GIS-analysene har vi hentet ut geografiske data fra Nasjonal vegdatabank (NVDB). Vi tok utgangspunkt i datasettet 'Belysningspunkt' som inneholder posisjonen til alle belysningspunkter langs veg, gangstier og tunneler. Vanligvis tilsvarer disse punktene en faktisk lyskilde, men noen enkeltpunkter er også kun brukt som lysmaster til kabelføring (uten lysarmatur). Disse ble filtrert ut før analysen. I analysene har vi begrenset oss til de belysningspunktene som er registrert med følgende bruksområde:

- Belysning veg/gate (n=52 186)
- Belysning vegkryss (n=442)
- NULL (ikke spesifisert, n=1914)

Basert på disse kriteriene omfatter datasettet totalt 54 542 belysningspunkter i Viken.

En buffer på 350 m ble etablert rundt hvert belysningspunkt (Figur 12). Avstanden på 350 m har blitt brukt tidligere bl.a. av Bane NOR og Statens vegvesen for å definere soner med nedsatt habitatkvalitet i sammenheng med utbyggingsprosjekter. Sonene danner grunnlag for beregning av økologisk kompensasjon som det for eksempel ble gjort i «Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 (FRE16)» (Bane NOR 2019). Hvor hensiktsmessig denne avstanden er i forhold til lysforurensing langs veg ble ikke vurdert innenfor dette prosjektet, men dette er noe vi mener bør utredes nærmere i fremtiden.



Figur 12: Eksempel på en 350 meter buffersone rundt belysningspunktene.

Et annet NVDB-datasett som ble vurdert er «Lysarmatur» som inneholder nærmere informasjon knyttet til lyskildene, som f.eks. type, effekt, fargetemperatur, lysfluks eller avskjermingstype. Som det framgår i kapittel 3 er det stor variasjon i hvordan forskjellige artsgrupper påvirkes av ulike typer belysning. Spesifikasjoner som ligger i datasettet «Lysarmatur» er derfor avgjørende for å kunne vurdere effekten på artsnivå.

Dessverre viste det seg at geodataene i dette datasettet er nokså ufullstendige. For eksempel, av de 54 542 utvalgte belysningspunktene i Viken, har rundt 57 % av punktene informasjon om type lyskilde, 37 % har informasjon om effekt og kun 7 % har informasjon om lysfluks eller fargetemperatur (Tabell 6).

Tabell 6: Oversikt over tilgjengeligheten av utvalgte lysparameter i datasettet «lysarmatur» fra NVDB

	Lyskilde	%	Effekt	%	Lysflux	%	Farge- temperatur	%	Avskjerming type	%
mangler data	23 368	42,8	34 115	62,5	50 368	92,3	50 979	93,5	45 211	82,9
tilgjengelig	31 174	57,2	20 427	37,5	4 174	7,7	3 563	6,5	9 331	17,1
Totalt	54 542									

Datagrunnlaget ble dermed vurdert som ikke tilstrekkelig for å kunne gjennomføre en mer differensiert GIS-analyse der vi ville ta hensyn til ulike lyskilder og tekniske egenskaper. Vi har derfor kun vurdert potensiell påvirkning på et veldig generelt nivå og konsentrert oss om hvilke naturtyper som kan bli berørt.

4.2 Berørte naturtyper

For å finne naturtyper som kan være negativt påvirket av vegbelysning har vi tatt utgangspunkt i bufferen på 350 m fra fylkes- og riksvegnettet i Viken (kapittel 4.1.3). Alle naturtyper som faller innenfor denne bufferen er listet opp i Tabell 7, mens Tabell 8 inneholder de utvalgte naturtypene. Tallene viser arealet (dekar) av hver naturtype innenfor bufferen. Totalt faller 74 forskjellige naturtyper innenfor denne 350 m sonen fra veg. Blant disse der det 18 naturtyper med mer enn 1000 dekar areal. Langs riksvegene er det registrert 41 ulike naturtyper.

Tabell 7: Registrerte naturtyper etter DN-håndbok 13 som ligger innenfor 350 m fra belyste fylkes- og riksveger i Viken.

Kode	Naturtype etter DN-håndbok 13	Areal dekar	Areal dekar (kun riksveg)	Rødlista naturtype*
E06	Viktig bekkedrag	9342,5	2486,4	
B07	Ravinedal	9329,3	967,3	x
F01	Rik edellauvskog	6046,3	397,1	x
E03	Kroksjøer, flomdammer og meandrerende elveparti	4554,7	1280,9	x
E08	Rik kulturlandskapssjø	4171,4	274,9	
F05	Gråor-heggeskog	3199,6	500,9	
D04	Naturbeitemark	3041,8	456,2	x
E09	Dam	2334,7	229,6	
D13	Parklandskap	2303,5	591,9	
F08	Gammel barskog	2243,7	166,0	x
E12	Evjer, bukter og viker	1605,4	160,6	
G05	Strandeng og strandsump	1536,5	-	x

Kode	Naturtype etter DN-håndbok 13	Areal dekar	Areal dekar (kun riksveg)	Rødlista naturtype*
E07	Kalksjø	1500,7	-	x
F13	Rik blandingskog i lavlandet	1438,8	28,9	
F03	Kalkskog	1390,5	232,6	x
H00	Andre viktige forekomster	1187,8	98,9	
A07	Intakt lavlandsmyr i innlandet	1170,8	-	x
D05	Hagemark	1091,4	56,6	
F06	Rik sump- og kildeskog	968,8	38,5	x
F16	Kalkbarskog	963,2	5,5	
E01	Deltaområde	946,1	585,6	x
F07	Gammel boreal lauvskog	887,6	116,8	
D12	Store gamle trær	802,3	132,1	
F25	Gammel lavlandsblandingskog	725,7	127,6	
F09	Bekkekløft og bergvegg	678,6	293,7	x
B01	Sørvendte berg og rasmarker	592,6	83,2	
E02	Mudderbank	483,7	27,5	
D11	Småbiotoper	413,9	35,7	
D07	Kystlynghei	381,4	-	x
F15	Kalkedellauvskog	313,9	-	
F22	Sandfuruskog	287,3	-	
D01	Slåttemark	274,3	24,7	x
F18	Gammel granskog	270,7	22,9	
D03	Artsrik veikant	256,6	6,8	
E16	Hurtigstrømmende elveløp	244,4	-	
E04	Stor elveør	202,0	53,4	x
D06	Beiteskog	201,8	13,5	x
D08	Kalkrike enger	171,6	-	
B02	Kantkratt	134,4	-	
D14	Erstatningsbiotoper	122,6	28,9	
F19	Gammel furuskog	118,2		
F17	Rik barskog	108,1	6,0	
F21	Flommarksskog	100,6	-	
A01	Intakte lavlandsmyrer	90,5	-	
A05	Rikmyr	89,5	2,7	x
F02	Gammel fattig edellauvskog	86,3	25,1	
B05	Grotte/gruve	78,6	-	x
D02	Slåtte- og beitemyr	77,3	-	x
D15	Skrotemark	71,2	48,3	
E10	Naturlig fisketomme innsjøer og tjern	67,6	-	
G08	Brakkvannspoller	67,1	-	x
D24	Tresatt kulturmark	61,7	-	
E17	Roligflytende elveløp	49,5	-	
G04	Sand- og grusstrand	41,8	-	
B14	Rik berglendt mark	39,8	6,8	
D09	Fuktenger	33,8	1,5	
D20	Åpen kalkmark	33,8	1,2	
A06	Kilder og kildebekker	31,7	-	
F04	Bjørkeskog med høgstauder	21,2	13,7	x
G09	Rikt strandberg	18,5	-	
D52	Erstatningsbiotoper på berg og åpen jord	18,2	-	
A11	Oseanisk nedbørsmyr	15,9	-	

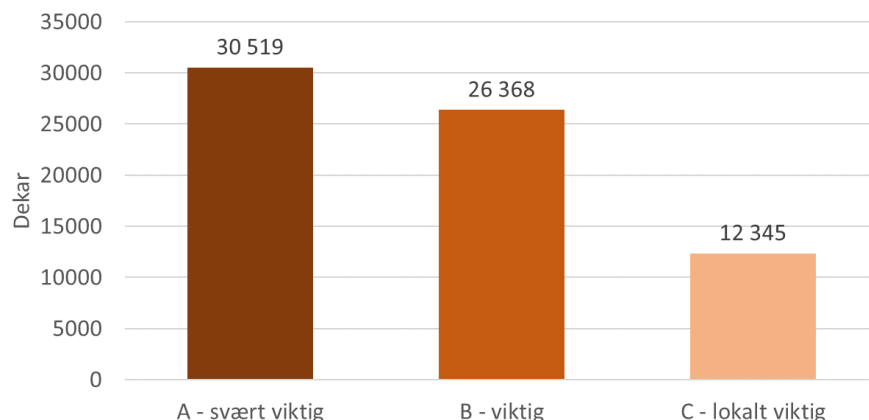
Kode	Naturtype etter DN-håndbok 13	Areal dekar	Areal dekar (kun riksveg)	Rødlista naturtype*
E05	Fossesprøytzone	15,7	12,0	x
B10	Ur og rasmark	15,7	-	
F14	Gammel sumpskog	15,3	-	
D19	Åpen grunnlendt kalkmark	13,2	-	
F10	Brannfelt	6,6	-	
A10	Høgmyrer i innlandet	4,8	-	
F20	Regnskog	4,6	-	
D17	Lauveng	4,4	-	
E11	Ikke forsuret restområde	3,0	3,0	
D51	Engpregete erstatningsbiotoper	1,8	-	
A08	Kystmyr	0,8	-	x
E15	Middels kalkrik innsjø (Klar intermedier innsjø)	0,6	-	

* Rødlista for naturtyper er utarbeidet i henhold til det nye NiN-systemet (Lindgaard og Henriksen 2011), men kan til en viss grad overføres til de gamle typene. Angitt klassifikasjon som rødlistet naturtype følger oversikten i Gaarder m.fl. (2012): Sammenheng mellom rødlista for naturtyper og DN-håndbok 13. Miljøfaglig Utredning Rapport 2012:26.

Tabell 8: Utvalgte naturtyper og deres areal som er registrert innenfor buffersonen langs fylkes- og riksvegene i Viken

Utvalgte naturtyper (delvis underkategorier til hovedtypene)	Areal (dekar)	Areal (kun riksveg)
Hule eiker	650,5	164,6
Kalklindskog	355,7	10,7
Kalksjøer	429,2	-
Kystlynghei	381,4	-
Slåttemark	230,0	17,0
Slåttemyr	77,3	-

Fordelt på de tre verdiklassene finner vi rundt 30 500 dekar som er klassifisert som kategori A (svært viktig), rundt 26 300 dekar faller i kategori B (viktig) og 12 300 dekar faller i kategori C (lokalt viktig) (Figur 13).



Figur 13: Fordeling av de kartlagte naturtypene innenfor bufferen på de tre kategoriene. Verdisetting av naturtyper er gjort basert på forekomsten av rødlistearter og truede vegetasjonstyper. Tallene over søylene viser areal i dekar.

4.3 Berørte insektgrupper

Vi har brukt samme buffersone på 350 m for å få en oversikt over alle truede insektarter i kategoriene CR, EN og VU som er registrert langs vegnettet. Av de totalt 569 truede artene registrert i hele Viken (uavhengig av bufferen), er 288 (51 %) observert innenfor 350-meter-bufferen langs fylkes- og riksvegnettet. Av disse er 153 unike insektarter registrert i en naturtype kartlagt etter DN-håndbok 13 (Tabell 9).

Tabell 9: Statistikk over enkeltobservasjoner og artsmangfold i Viken

	Antall observasjoner	Antall insektarter (CR, EN, VU)
Totalt i hele Viken	8386	569
Innenfor 350 m buffer	1758	288
Innenfor buffer & naturtype	518	153

Tabell 10 viser oversikt over antall insektarter i ulike ordener som er registrert som CR, EN og VU innenfor de kartlagte naturtypene. Det er i hovedsak arter innen biller (Coleoptera, 59 unike arter), sommerfugler (Lepidoptera, 44 unike arter), veps (Hymenoptera, 24 unike arter) og tovinger (Diptera, 19 unike arter). Kun to arter i hhv. rettvinger (Orthoptera), øyestikkere (Odonata) og nebbmunner (Hemiptera), og en art i nettvinger (Neuroptera) er registrert. I de rødlistede naturtypene er det ikke registrert noen arter i de to sistnevnte ordenene og kun en øyestikkerart (sørmetailvannymfe, *Lestes dryas*) i naturtype Kroksjøer, flomdammer og meandrerende elveparti og en gresshopperart (klapregresshoppe, *Psophus stridulus*) i Slåttemark. Det må antas at flere insektgrupper er underrepresentert (se kap. 4.1.2).

De registrerte artene gruppert etter naturtype er listet i Tabell 11. Oversikt over registrerte arter gruppert etter insektorden og familie finnes i vedlegg Y. I Owens m.fl. (2020) sin oversikt over effekten av kunstig belysning om nettene går det fram at kunstig belysning om nettene kan ha negativ effekt på fitness hos insektarter innen alle disse insektordenene. Det har ikke vært mulig å gå inn og vurdere effekten på enkeltartene i Tabell 10 innenfor dette prosjektets ressurser.

Tabell 10: Antall arter i kategoriene CR, EN og VU registrert i de naturtypene som ligger innenfor den 350 m bredde buffersonen langs fylkes- og riksvegnettet i Viken. Noen arter er registrert i flere naturtyper.

Kode	Naturtype (DN Håndbok 13)	Rødlistet naturtype	Areal (dekar)	Antall insektarter	Biller	Øyestikkere	Nettvinger	Nebbmunnner	Rettvinger	Sommerfugler	Tovinger	Veps
E06	Viktig bekkedrag		934	6	2			1		2		1
B07	Ravinedal	x	932	3	1						1	1
F01	Rik edellauvskog	x	604	12	8					1	1	2
E03	Kroksjøer, flomdammer og meandrerende elveparti	x	455	4	2	1					1	
E08	Rik kulturlandskapssjø		417	12	1	1				6	4	
F05	Gråor-heggeskog		320	4						2	2	
D04	Naturbeitemark	x	304	2	2							
E09	Dam		233	9						8	1	
D13	Parklandskap		230	7	4					1		2
F08	Gammel barskog	x	224	2	1					1		
E12	Evjer, bukter og viker		160	1							1	
G05	Strandeng og strandsump	x	153	3	2							1
E07	Kalksjø	x	150	1							1	
F13	Rik blandingsskog i lavlandet		143	10	8					1	1	
F03	Kalkskog	x	139	6	3					3		
D05	Hagemark		109	3	1					1		1
F16	Kalkbarskog		963	2							1	1
F07	Gammel boreal lauvskog		888	1	1							
D12	Store gamle trær		802	17	13						2	2
B01	Sørvendte berg og rasmarker		593	8	1					1	1	5
D11	Småbiotoper		414	1	1							
D07	Kystlynghei	x	381	4						4		
F15	Kalkedellauvskog		314	7	7							
F22	Sandfuruskog		287	8	6					1		1
D01	Slåttemark	x	274	22	8				1	2	5	6
F18	Gammel granskog		271	1							1	
E16	Hurtigstrømmende elveløp		244	2	1					1		
D08	Kalkrike enger		172	12		1				10	1	
B02	Kantkratt		134	1	1							
D14	Erstatningsbiotoper		123	8	1					3	1	3
D15	Skrotemark		71	3						1		2
G04	Sand- og grusstrand		42	11	1		1	1	1	5		2
D20	Åpen kalkmark		34	2	1					1		
D52	Erstatningsbiotoper på berg og åpen jord		18	4	2							2
B10	Ur og rasmark		16	12	11				1			
D19	Åpen grunnlendt kalkmark		13	1						1		
SUM i alle naturtyper				212	90	3	1	2	3	56	25	32
SUM i rødlistede naturtyper				59	27	1	0	0	1	11	9	10

Tabell 11: Arter i kategoriene CR, EN og VU registrert i de naturtypene som ligger innenfor den 350 m bredde buffersonen langs fylkes- og riksvegnettet i Viken. Noen arter er registrert i flere naturtyper.

Naturtype (DN-håndbok 13)	Insektorden	Norsk artsnavn	Latinsk artsnavn
Dam	Sommerfugler	Rødhalslavspinner	<i>Atolmis rubricollis</i>
	Sommerfugler	Pileordensbånd	<i>Catocala nupta</i>
	Sommerfugler	Heibladmåler	<i>Chlorissa viridata</i>
	Sommerfugler	Gulhodefly	<i>Eugraphe sigma</i>
	Sommerfugler	Vassgropraktvikler	<i>Gynnidomorpha alismana</i>
	Sommerfugler	Flikengmåler	<i>Idaea emarginata</i>
	Sommerfugler	Rødttopplundmåler	<i>Perizoma bifaciata</i>
	Sommerfugler	Karminspinner	<i>Tyria jacobaeae</i>
	Tovinger		<i>Dixa maculata</i>
Erstatningsbiotoper	Biller		<i>Tychius squamulatus</i>
	Sommerfugler		<i>Bucculatrix bechsteinella</i>
	Sommerfugler		<i>Trifurcula cryptella</i>
	Sommerfugler		<i>Trifurcula subnitidella</i>
	Tovinger	Tørrmarksmåblomsterflue	<i>Pelecocera tricincta</i>
	Veps	Dyneveiveps	<i>Arachnospila wesmaeli</i>
	Veps	Smalveiveps	<i>Caliadurgus fasciatellus</i>
	Veps	Flammegullveps	<i>Chrysis viridula</i>
Erstatningsbiotoper på berg og åpen jord	Biller	Sandsmeller	<i>Cardiophorus ebeninus</i>
	Biller		<i>Cicindela hybrida</i>
	Veps	Sotsandbie	<i>Andrena nigrospina</i>
	Veps	Reliktjordbie	<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>
Evjer, bukter og viker	Tovinger	Svarttegnet våpenflue	<i>Oplodontha viridula</i>
Gammel barskog (rødlistet)	Biller	Granråtevedbille	<i>Hylis procerulus</i>
	Sommerfugler	Klippeblåvinge	<i>Scolitantides orion</i>
Gammel boreal lauvskog	Biller		<i>Microbregma emarginatum</i>
Gammel granskog	Tovinger		<i>Hyperoscelis eximia</i>
Gråor-heggeskog	Sommerfugler	Humlevikler	<i>Grapholita discretana</i>
	Sommerfugler	Almestjertvinge	<i>Satyrium w-album</i>
		Gulstripet	
	Tovinger	bjørneblomsterflue	<i>Arctophila bombiformis</i>
	Tovinger	Ospesevjeblomsterflue	<i>Brachyopa pilosa</i>
Hagemark	Biller	Eikeblodsmeller	<i>Ampedus hjorti</i>
	Sommerfugler	Solblomengmøll	<i>Digitivalva arnicella</i>
	Veps		<i>Tomostethus nigrinus</i>
Hurtigstrømmende elveløp	Biller		<i>Stenocorus meridianus</i>
	Sommerfugler	Almestjertvinge	<i>Satyrium w-album</i>
Kalkbarskog	Tovinger	Markusflue	<i>Bibio marci</i>
	Veps		<i>Tomostethus nigrinus</i>
Kalkedellauvskog	Biller		<i>Aplocnemus impressus</i>
	Biller		<i>Chlorophorus herbstii</i>
	Biller		<i>Hemicoelus fulvicornis</i>
	Biller		<i>Ischnomera cinerascens</i>
	Biller		<i>Ischnomera sanguinicollis</i>
	Biller		<i>Malthinus balteatus</i>

Naturtype (DN-håndbok 13)	Insektorden	Norsk artsnavn	Latinsk artsnavn
	Biller	Eikegullbasse	<i>Protaetia marmorata</i>
Kalkrike enger	Øyestikkere	Sørmjettvannymfe	<i>Lestes dryas</i>
	Sommerfugler	Kystsumpvikler	<i>Bactra robustana</i>
	Sommerfugler		<i>Batia internella</i>
	Sommerfugler	Slåpetornsigdvinge	<i>Cilix glaucata</i>
	Sommerfugler		<i>Elachista consortella</i>
	Sommerfugler	Irisørfly	<i>Globia algae</i>
	Sommerfugler	Hagtornfrøvikler	<i>Grapholita janthinana</i>
	Sommerfugler	Krypvierfly	<i>Mesogona oxalina</i>
	Sommerfugler		<i>Metzneria neuropterella</i>
	Sommerfugler		<i>Nemophora minimella</i>
	Sommerfugler	Liten bloddråpesvermer	<i>Zygaena viciae</i>
	Tovinger		<i>Stratiomys singularior</i>
Kalksjø (rødlistet)	Tovinger	Svarttegnet våpenflue	<i>Oplodontha viridula</i>
Kalkskog (rødlistet)	Biller		<i>Microbregma emarginatum</i>
	Biller		<i>Mordellaria aurofasciata</i>
	Biller	Hasselråtevedbille	<i>Rhacopus sahlbergi</i>
	Sommerfugler	Brun malurtpraktvikler	<i>Cochylidia richteriana</i>
	Sommerfugler	Liten lakrismjeltsekkemøll	<i>Coleophora colutella</i>
	Sommerfugler	Alantstengelvikler	<i>Epiblema inulivora</i>
Kantkratt	Biller	Markgjødtselbille	<i>Aphodius sticticus</i>
Kroksjøer, flomdammer og meanderende elveparti (rødlistet)	Biller		<i>Hydrochara caraboides</i>
	Biller		<i>Mordellaria aurofasciata</i>
	Øyestikkere	Sørmjettvannymfe	<i>Lestes dryas</i>
	Tovinger		<i>Greenomyia baikalica</i>
Kystlynghei (rødlistet)	Sommerfugler		<i>Amphisbatis incongruella</i>
	Sommerfugler		<i>Batia internella</i>
	Sommerfugler		<i>Metzneria neuropterella</i>
	Sommerfugler	Randbladmåler	<i>Thalera fimbrialis</i>
Naturbeitemark (rødlistet)	Biller	Knoppurtbladbille	<i>Galeruca pomonae</i>
	Biller	Dragehodeglansbille	<i>Meligethes norvegicus</i>
Parklandskap	Biller	Eikeblodsmeller	<i>Ampedus hjorti</i>
	Biller		<i>Cryptophagus confusus</i>
	Biller		<i>Graphoderus bilineatus</i>
	Biller	Eikegnagbille	<i>Grynocharis oblonga</i>
	Sommerfugler	Hagtornfrøvikler	<i>Grapholita janthinana</i>
	Veps	Slåttehumle	<i>Bombus subterraneus</i>
	Veps		<i>Rhadinoceraea micans</i>
Ravinedal (rødlistet)	Biller	Flekkblodsmeller	<i>Ampedus sanguinolentus</i>
	Tovinger		<i>Trichomyia urbica</i>
	Veps	Kløverhumle	<i>Bombus distinguendus</i>
Rik blandingsskog i lavlandet	Biller		<i>Cephennium thoracicum</i>
	Biller		<i>Corticaria lateritia</i>
	Biller		<i>Cryptolestes corticinus</i>
	Biller		<i>Cryptophagus fuscicornis</i>
	Biller	Granråtevedbille	<i>Hylis procerulus</i>

Naturtype (DN-håndbok 13)	Insektorden	Norsk artsnavn	Latinsk artsnavn
	Biller		<i>Microbregma emarginatum</i>
	Biller		<i>Mordellaria aurofasciata</i>
	Biller		<i>Stenocorus meridianus</i>
	Sommerfugler	Almestjertvinge	<i>Satyrium w-album</i>
	Tovinger	Ospesevjeblomsterflue	<i>Brachyopa pilosa</i>
Rik edellauvskog (rødlistet)	Biller	Hasselpraktbille	<i>Agrilus olivicolor</i>
	Biller		<i>Anisoxya fuscata</i>
	Biller		<i>Aplocnemus impressus</i>
	Biller		<i>Corticus suturalis</i>
	Biller	Nattsmeller	<i>Crepidophorus mutilatus</i>
	Biller		<i>Mycetochara humeralis</i>
	Biller		<i>Stenocorus meridianus</i>
	Biller		<i>Xyletinus longitarsis</i>
	Sommerfugler	Almestjertvinge	<i>Satyrium w-album</i>
		Rød	
	Tovinger	fururåtevedblomsterflue	<i>Chalcosyrphus piger</i>
	Veps	Kystgullveps	<i>Chrysis vanlithi</i>
	Veps	Eikesmalmaur	<i>Leptothorax gredleri</i>
Rik kulturlandskapssjø	Biller	Prikket skjoldbille	<i>Cassida nebulosa</i>
	Øyestikkere	Toflekklibelle	<i>Epithea bimaculata</i>
	Sommerfugler	Piggknoppørffly	<i>Globia sparganii</i>
	Sommerfugler	Båndringsspinner	<i>Malacosoma castrensis</i>
	Sommerfugler	Svartflekket kjukemøll	<i>Nemapogon nigralbella</i>
	Sommerfugler		<i>Orthotelia sparganella</i>
	Sommerfugler	Rødtopplundmåler	<i>Perizoma bifaciata</i>
	Sommerfugler	Hvit tigerspinner	<i>Spilosoma urticae</i>
	Tovinger	Tidlig damblomsterflue	<i>Anasimyia interpuncta</i>
	Tovinger	Sumpglansblomsterflue	<i>Orthonevra intermedia</i>
	Tovinger	Ringet strandblomsterflue	<i>Parhelophilus consimilis</i>
	Tovinger	Gul strandblomsterflue	<i>Parhelophilus versicolor</i>
Sand- og grusstrand	Biller		<i>Prionychus melanarius</i>
	Nettvinger	Strandmaurløve	<i>Myrmeleon bore</i>
	Nebbmunner		<i>Ischnodemus sabuleti</i>
	Rettvinger	Blåvingegresshoppe	<i>Sphingonotus caeruleans</i>
	Sommerfugler		<i>Coleophora ramosella</i>
	Sommerfugler		<i>Crassa tinctella</i>
	Sommerfugler	Strandengmåler	<i>Idaea humiliata</i>
	Sommerfugler		<i>Monochroa hornigi</i>
	Sommerfugler	Liten bloddråpesvermer	<i>Zygaena viciae</i>
	Veps	Dyneveiveps	<i>Arachnospila wesmaeli</i>
	Veps		<i>Gonatopus formicarius</i>
Sandfurskog	Biller		<i>Bisnius nitidulus</i>
	Biller		<i>Cicindela hybrida</i>
	Biller		<i>Cryptolestes corticinus</i>
	Biller		<i>Harpalus luteicornis</i>
	Biller		<i>Lordithon pulchellus</i>
	Biller	Fjæredvergmariehøne	<i>Nephus limonii</i>

Naturtype (DN-håndbok 13)	Insektorden	Norsk artsnavn	Latinsk artsnavn
	Sommerfugler		<i>Lampronia morosa</i>
	Veps	Stengelvedgraver	<i>Ectemnius rubicola</i>
Skrotemark	Sommerfugler	Karminspinner	<i>Tyria jacobaeae</i>
	Veps	Kløverhumle	<i>Bombus distinguendus</i>
	Veps	Slåttehumle	<i>Bombus subterraneus</i>
Slåttemark (rødlistet)	Biller	Enghettebladbille	<i>Cryptocephalus hypochoeridis</i>
	Biller		<i>Cryptolestes corticinus</i>
	Biller	Granråtevedbille	<i>Hylis procerulus</i>
	Biller		<i>Microbregma emarginatum</i>
	Biller		<i>Mordellaria aurofasciata</i>
	Biller		<i>Protapion varipes</i>
	Biller		<i>Tetrops starkii</i>
	Biller		<i>Tychius polylineatus</i>
	Rettvinger	Klapregresshoppe	<i>Psophus stridulus</i>
	Sommerfugler	Solblomengmøll	<i>Digitivalva arnicella</i>
	Sommerfugler		<i>Ethmia pusiella</i>
		Gulstripet	
	Tovinger	bjørneblomsterflue	<i>Arctophila bombiformis</i>
	Tovinger	Ospesevjeblomsterflue	<i>Brachyopa pilosa</i>
	Tovinger	Rødskjeggrovflue	<i>Eutolmus rufibarbis</i>
	Tovinger	Sørlig bronseblomsterflue	<i>Ferdinandea ruficornis</i>
	Tovinger	Sumpglansblomsterflue	<i>Orthonevra intermedia</i>
	Veps	Jordbærsandbie	<i>Andrena falsifica</i>
	Veps	Kurvsandbie	<i>Andrena fulvago</i>
	Veps	Rødknappsandbie	<i>Andrena hattorfiana</i>
	Veps	Dvergskoggraver	<i>Crossocerus congener</i>
	Veps	Blank heimauro	<i>Formica pressilabris</i>
	Veps	Fiolett kulegullveps	<i>Pseudomalus violaceus</i>
Småbiotoper	Biller	Dragehodeglansbille	<i>Meligethes norvegicus</i>
Store gamle trær	Biller	Eikeblodsmeller	<i>Ampedus hjorti</i>
	Biller		<i>Amphotis marginata</i>
	Biller		<i>Anitys rubens</i>
	Biller		<i>Batrisodes delaporti</i>
	Biller		<i>Cryptolestes corticinus</i>
	Biller		<i>Cryptophagus confusus</i>
	Biller		<i>Cryptophagus labilis</i>
	Biller	Eikegnagbille	<i>Grynocharis oblonga</i>
	Biller		<i>Mycetochara axillaris</i>
	Biller		<i>Mycetochara humeralis</i>
	Biller		<i>Ripidius quadriceps</i>
	Biller		<i>Thiasophila inquilina</i>
	Biller		<i>Xyletinus pectinatus</i>
	Tovinger	Markusflue	<i>Bibio marci</i>
	Tovinger	Loddenblomsterflue	<i>Pocota personata</i>
	Veps	Slåttehumle	<i>Bombus subterraneus</i>
	Veps	Eikesmalmauro	<i>Leptothorax gredleri</i>
	Biller		<i>Bagous lutulosus</i>

Naturtype (DN-håndbok 13)	Insektorden	Norsk artsnavn	Latinsk artsnavn
Strandeng og strandsump (rødlistet)	Biller		<i>Combocerus glaber</i>
	Veps	Sotstokkmaur	<i>Camponotus vagus</i>
Sørvendte berg og rasmarker	Biller		<i>Aplocnemus impressus</i>
	Sommerfugler		<i>Coleophora albella</i>
	Tovinger	Svartfottreblomsterflue	<i>Spilomyia manicata</i>
	Veps	Rødknappsandbie	<i>Andrena hattorfiana</i>
	Veps	Ildsandbie	<i>Andrena marginata</i>
	Veps	Dvergsandbie	<i>Andrena nanula</i>
	Veps	Buksebie	<i>Dasygaster hirtipes</i>
	Veps	Engvedbie	<i>Hoplitis leucomelana</i>
Ur og rasmark	Biller		<i>Aplocnemus impressus</i>
	Biller	Maskeskjoldbille	<i>Cassida panzeri</i>
	Biller		<i>Chlorophorus herbstii</i>
	Biller		<i>Cteniopus sulphureus</i>
	Biller		<i>Hemicoelus fulvicornis</i>
	Biller		<i>Hymenalia rufipes</i>
	Biller		<i>Ischnomera sanguinicollis</i>
	Biller		<i>Laemophloeus monilis</i>
	Biller		<i>Melandrya barbata</i>
	Biller		<i>Mycetochara humeralis</i>
	Biller	Hasselråtevedbille	<i>Rhacopus sahlbergi</i>
	Rettvinger	Klapregresshoppe	<i>Psophus stridulus</i>
Viktig bekkedrag	Biller	Flekkblodsmeller	<i>Ampedus sanguinolentus</i>
	Biller		<i>Microbregma emarginatum</i>
	Nebbmunn		<i>Micantulina micantula</i>
	Sommerfugler	Springfrødråpemåler	<i>Ecliptopera capitata</i>
	Sommerfugler	Liten bloddråpesvermer	<i>Zygaena viciae</i>
	Veps	Fiolettt kulegullveps	<i>Pseudomalus violaceus</i>
Åpen grunnlendt kalkmark	Sommerfugler	Liten lakrismjeltsekkemøll	<i>Coleophora colutella</i>
Åpen kalkmark	Biller	Enghettebladbille	<i>Cryptocephalus hypochoeridis</i>
	Sommerfugler	Grå engvikler	<i>Pelochrista caecimaculana</i>

4.4 Vurdering av belysningspunkter

Basert på informasjon om naturtypene har vi klassifisert belysningspunktene etter deres potensielt negative påvirkning på insektene. I tillegg har vi valgt å ta hensyn til tettsteder. For tettsteder har vi brukt SSBs avgrensning og definisjon:

«En hussamling skal registreres som et tettsted dersom det bor minst 200 personer der, og avstanden mellom husene skal normalt ikke overstige 50 meter».

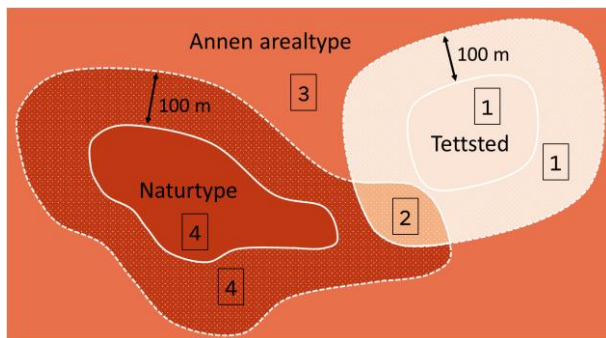
Avgjørelsen om å inkludere tettsteder i analysen er tatt for å kunne betrakte kun effekten av vegbelysningen adskilt fra andre belyste områder. I tettsteder er det vanligvis mye annen diffus belysning, f.eks. fra private eiendommer, tilstøtende næringseiendommer og kommunal infrastruktur. Effekten av vegbelysning i seg selv i slike områder kan dermed vurderes som noe lavere, siden også andre lyskilder påvirker insektlivet. Totalt sett må tettsteder riktignok ansees som områder med størst negativ effekt på insekter pga. det store omfanget av atmosfærisk lysforurensing (se kapittel 3.3). I denne analysen har vi kun sett på effekten av vegbelysningen.

Vurderingen er gjennomført som en nærhetsanalyse (*proximity analysis*) i ArcGIS. For hvert belysningspunkt har vi beregnet avstander til nærmeste naturtype og tettsted. Vi har derimot ikke tatt med artsregistreringene i analysen siden vi vurderte omfanget av registreringene å ikke være tilstrekkelig. Videre ville vi unngå feiltolkninger som kan oppstå som følge av de usikkerhetsfaktorene som ble beskrevet i kapittel 4.1.2. Vi anser det å være mer hensiktsmessig å konsentrere oss om nærhet til naturtypene som vi vet er verdifulle habitater for mange ulike insektarter.

Med henblikk på de begrensede ressursene som stod til rådighet i dette prosjektet, er klassifikasjonssystemet bygget opp relativt enkelt. Klassifikasjonen består av fire ulike klasser og tar hensyn til avstander til både naturtyper og tettsteder (Tabell 12). Utarbeidelsen av et mer nyansert klassifikasjonssystem kan være hensiktsmessig i et prosjekt av større omfang. Klassifikasjonssystemet er framstilt i Tabell 12. Regelverket er i tillegg illustrert i Figur 14 som viser hvilke soner som klassifiseres med en verdi mellom 1 og 4.

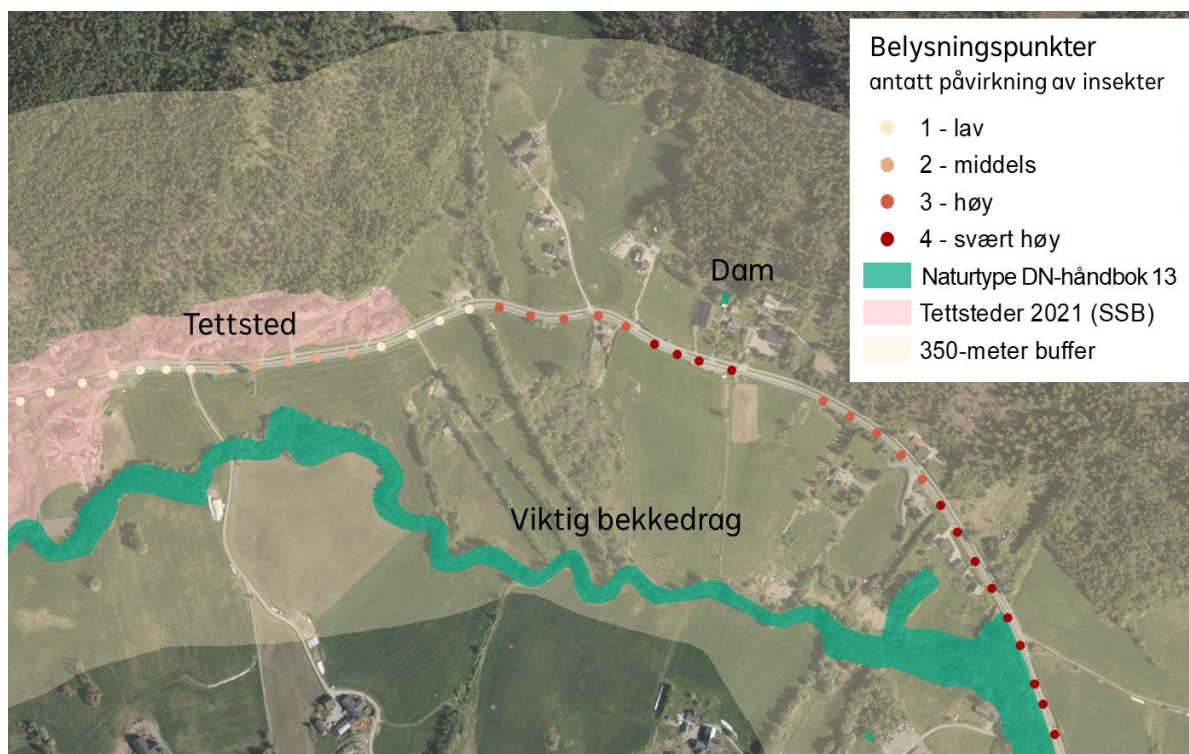
Tabell 12: Avstandsregler for klassifikasjon av belysningspunkter.

Avstand til naturtype	Avstand til tettsted	Klasse	Antatt påvirkning	Spørring
0 m		4	Svært høy	$dist_naturtype = 0$
< 100 m	> 100 m	4	Svært høy	$dist_naturtype < 100 \text{ AND } dist_tettsted > 100$
> 100 m	> 100 m	3	høy	$dist_naturtype > 100 \text{ AND } dist_tettsted > 100$
> 0 < 100 m	< 100 m	2	medium	$dist_naturtype < 100 \text{ AND } dist_naturtype > 0 \text{ AND } dist_tettsted < 100$
> 100 m	< 100 m	1	lav	$dist_naturtype > 100 \text{ AND } dist_tettsted < 100$



Figur 14: Forenklet visualisering av regelverket beskrevet i tabell 12

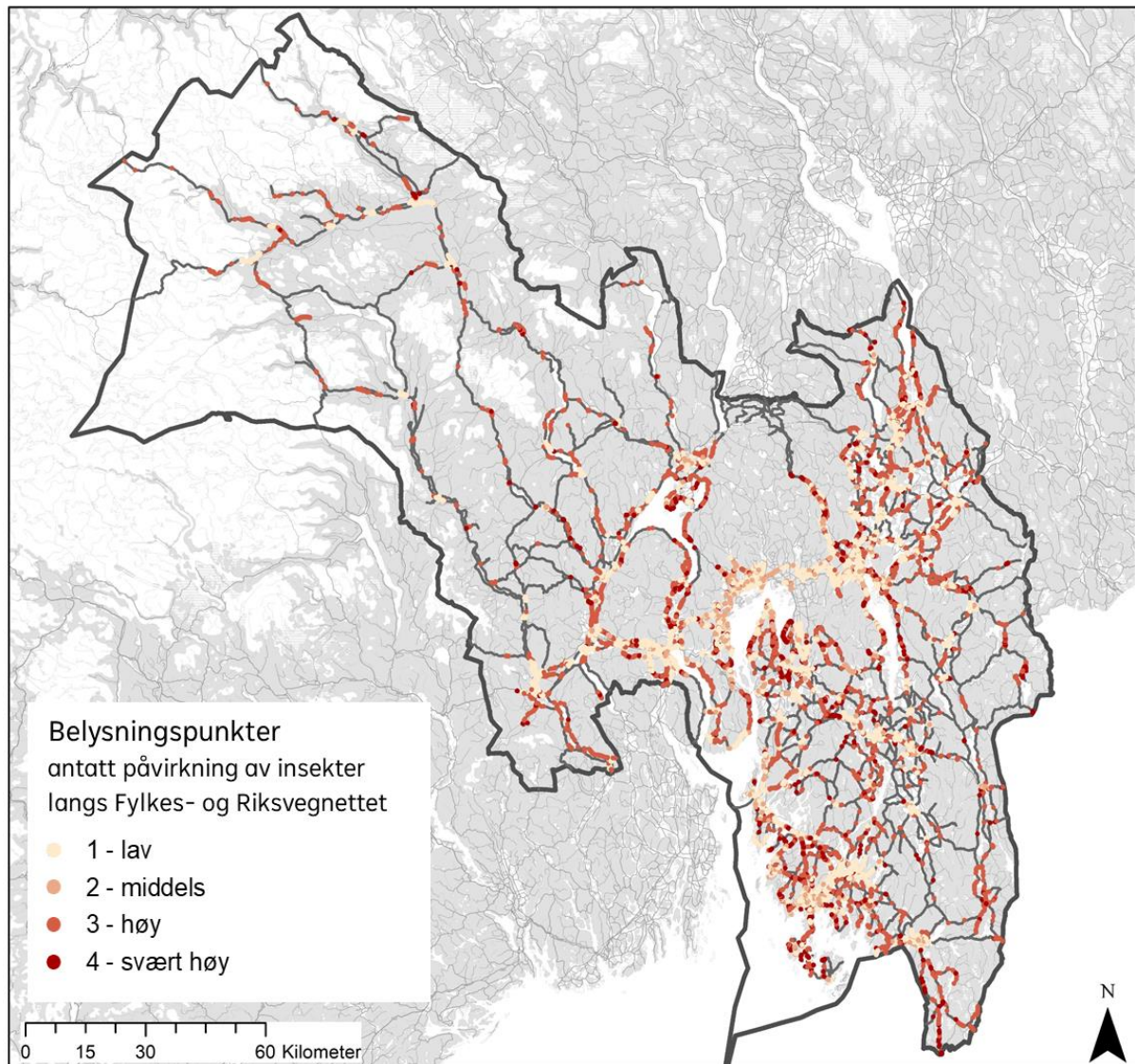
Figur 15 illustrerer hvordan belysningspunktene skifter påvirkningsklasse når vi følger vegen fra tett bebyggelse til mer åpent kulturlandskap. Innenfor tettstedet får vegbelysningen en lav påvirkningsgrad fordi vi kan anta høy belysningsgrad fra andre kilder (private eiendommer, parkeringsplasser eller kommunal belysning). Når veien forlater tettstedet og blir til den dominerende lyskilde i landskapet, vil påvirkningsgraden av vegbelysningen øke. Den største påvirkningen ser vi nært de kartlagte naturtypene.



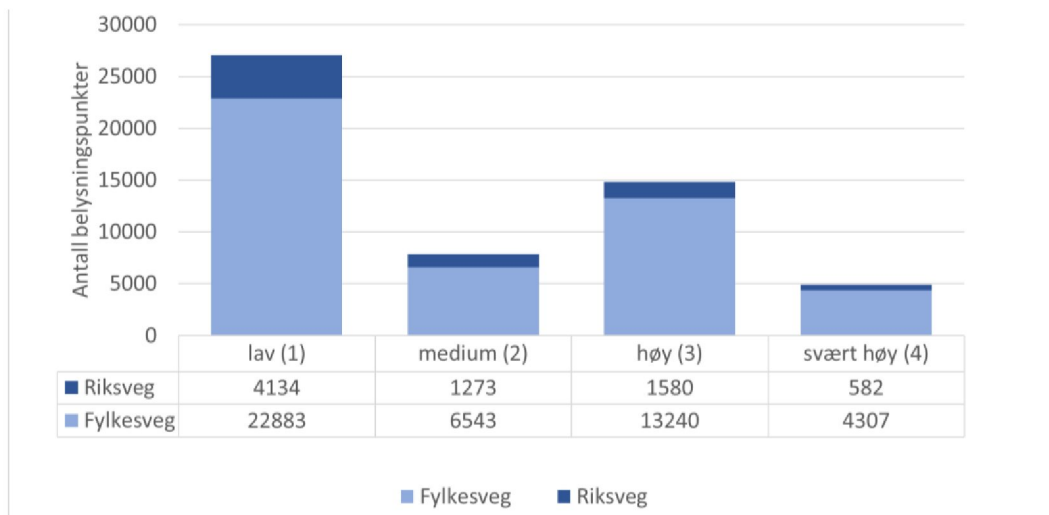
Figur 15: Eksempel som illustrerer hvordan belysningspunktene klassifiseres etter påvirkningsgrad.

Resultat for Viken

I Figur 16 vises resultatene for hele Viken der alle belysningspunkter ble klassifisert etter deres antatte påvirkningsgrad på insektfaunaen. Figur 17 gir i tillegg informasjon om hvordan belysningspunktene fordeler seg på de ulike påvirkningsklassene differensiert etter vegtype.

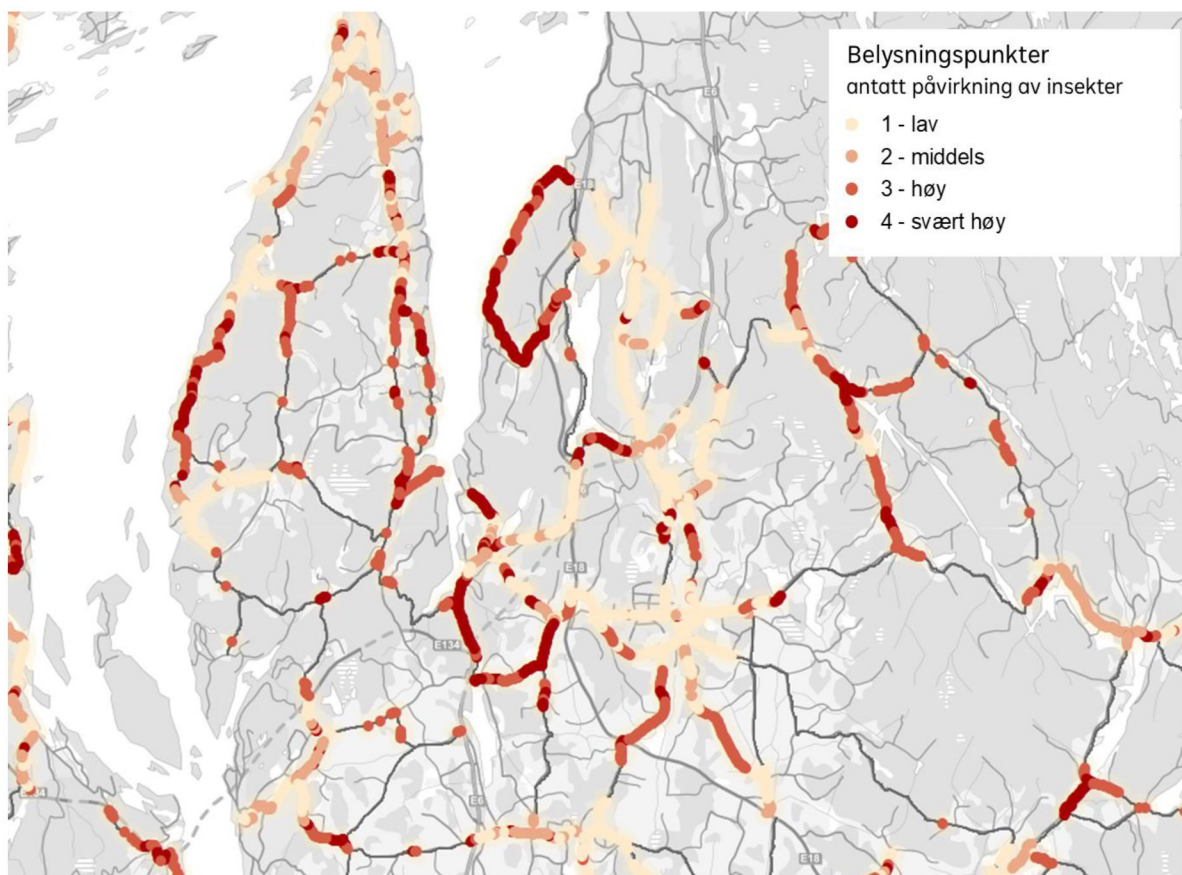


Figur 16: Belysningspunkter i Viken klassifisert etter påvirkningsgraden på insekter

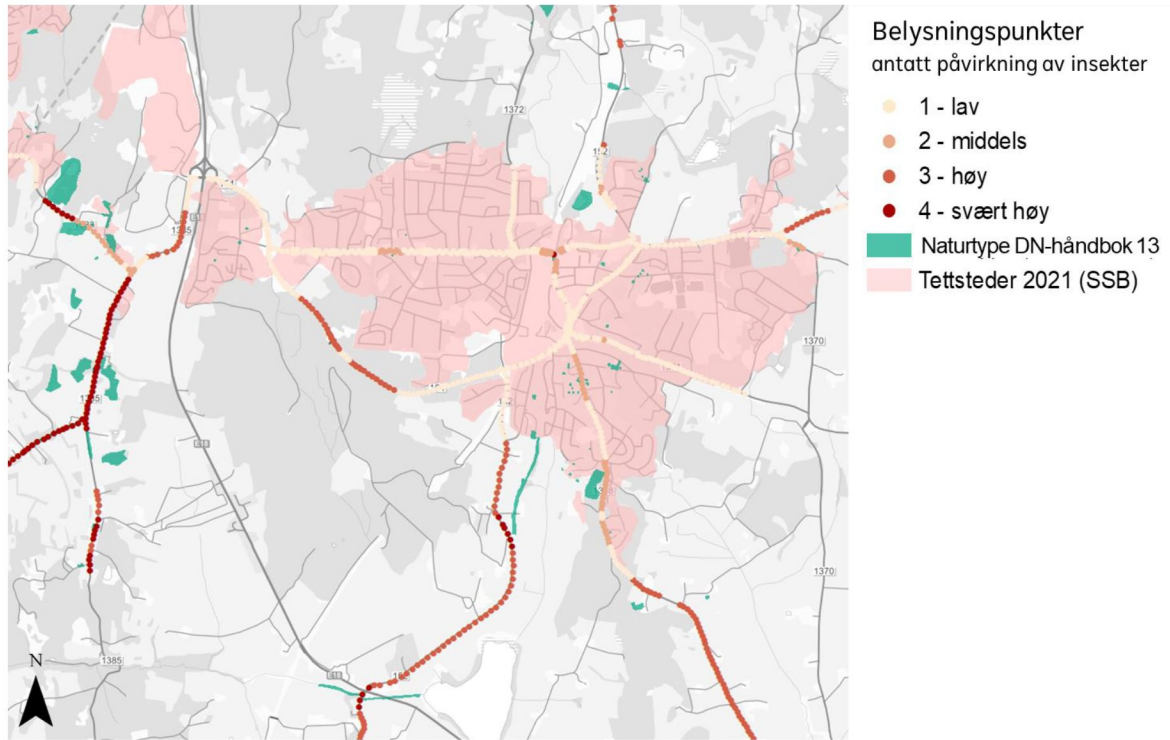


Figur 17: Antall belysningspunkter langs fylkes- og riksvegene fordelt på potensiell påvirkningsklasse

For å illustrere resultatene bedre, viser figur 18 og 19 en forstørret del av Viken-kartet. Her blir det tydelig at det er stor romlig variasjon i hvor stor påvirkningsgraden av belyste vegstrekninger er.



Figur 18: Eksempel som viser klassifiserte belysningspunkter i Follo-området



Figur 19: Eksempel fra Ski kommune

5 Internasjonale erfaringer med avbøtende tiltak

International Dark Sky Association (IDA) har satt opp følgende fem konkrete tiltak for å redusere lysforurensing fra menneskeskapt infrastruktur (Referert i Wåseth m.fl. 2019):

- Kun la lyset være på når det er nødvendig
- Kun belyse områder som behøver det
- Ikke belyse sterkere enn nødvendig
- Minst mulig lys i det blå spekteret
- Armaturer bør være godt avblendet mot himmelen

Anbefalinger om avbøtende tiltak er beskrevet i detalj hos Jägerbrand m.fl. (2018, s. 61-92) og oppsummeres punktvis under. Det understrekes at det er usikkert om disse tilrådingene er tilstrekkelige for ekstra lysfølsomme og sårbare arter, og at det er svakteter i de vitenskapelige studier som er gjort på den økologiske effekten av nattlig belysning:

- Forhindre og begrense belysning av nye områder
- Begrense omfanget av belysning i områder der belysning er nødvendig
- Begrense varigheten av belysningen
- Begrense lysstyrke og -kvantitet [kvantitet ikke spesifisert, vår anmerkning]
- Slukke og redusere lyset om natten så mye som mulig
- Tilpasse lysets bølgelengdefordeling slik at det får minst mulig negativ effekt, f.eks. eliminere, redusere eller filtrere vekk mengden blått lys.
- Skjerme eller fokusere lyset for å redusere strølys (framlys, baklys) i andre retninger enn der det er nødvendig.
- Unngå bruk av lys som rettes oppover (opplys) når det er mørkt for å redusere dødelighet hos migrerende og sårbare arter
- Unngå at det dannes polarisert lys, spesielt gjelder det at lys ikke spres eller polariseres i miljøer i nærheten av vann der det finnes mange lysfølsomme arter

I tillegg nevner Hafdell (2020) at belysningen bør utformes så man unngår at lange, sammenhengende rekker av lyspunkt virker som en barriere for dyrs forflytning. Dette vil sannsynligvis også gjelde for positivt fototaktiske insekter som fanges av lyset og ikke kommer seg videre, og negativt fototaktiske insekter som vegrer seg for å fly rundt eller gjennom lyset. Det foreslås at barriereeffekten kan brytes ved minske det belyste området og/eller dimme eller slå av lyset i perioder med lite trafikk.

Jägerbrand m.fl. (2018) refererer til flere forsøk der effekten av LED-lamper på insekters og edderkoppers fysiologi, atferd og økologi er sammenlignet med effekten av flere andre lampetyper. De konkluderer med at på tross av noen motstridende resultater, peker disse studiene mot at LED-belysningen virker tiltrekkende på insekter, men i mindre grad enn tradisjonelle og eldre lyskilder (unntatt NaL-lamper som tiltrakk seg færre insekter enn LED). De samlede undersøkelsene indikerer at det ikke er klar forskjell mellom LED-lamper med ulik spektralfordeling bortsett fra i en studie der bølgelengden i LED-lampene ble spesielt tilpasset for å redusere tiltrekningen av bier og nattaktive sommerfugler. Det finnes også indikasjoner på at rødt lys virker mindre attraktivt enn andre bølgelengder. Dette stemmer også med andre undersøkelser (referert hos Johansen m.fl. 2011) og kartleggingen av fotoreseptorer hos ulike insektgrupper hos van der Kooi m.fl. (2021). Vi har ikke kunnet gå inn på detaljene i de enkelte undersøkelsene det refereres hos til Jägerbrand m.fl. (2018) innenfor dette prosjektets ressurser.

Statens vegvesen gjør allerede flere avbøtende tiltak i tråd med det som anbefales i litteraturen det er referert til i dette prosjektet. I ny V124, som kom ut i mai 2021, anbefalte Statens vegvesen 3000 kelvin, fra tidligere anbefaling på 4000 kelvin. Spektralbredden er allikevel like stor, men det er relativt mindre blått lys i forhold til gul-oransje lys i lampene med 3000 kelvin. Ved automatisk neddimming av lys ved bevegelsessensor, vil Statens vegvesen i ny V124 anbefale neddemping til 20 % når biler ikke er til stede. Og det blir anbefalt at lyset gradvis dimmes ned til 50 % midt på natten. Det antas at dette minsker negativ effekt på insekter av vegbelysningen, men det er ikke gjort noen studier for å undersøke dette konkret.

6 Konklusjoner og kunnskapshull

Prosjektets overordnede mål var å identifisere kunnskapshull og vurdere videre kunnskapsbehov som kan bidra til å gjennomføre mer målrettede analyser. Videre arbeid er nødvendig for å finne ut hvordan ulike insektgrupper påvirkes av vegbelysning og hvordan tiltak kan redusere effekten. I løpet av prosjektet har vi fått god oversikt både over hvilke truede insektarter som er registrert og hvilke naturtyper som er kartlagt langs fylkes- og riksvegene i Viken. Selv om vi i første omgang kun har sett på ett begrenset geografisk område, ga dette et godt utgangspunkt for å kunne vurdere datagrunnlaget og utfordringene i forbindelse med analyser av vegbelysningens effekt på insektlivet.

6.1 Kunnskapsbehov knyttet til insekter

Det er registrert litt over 17 000 insektarter fra 23 ulike ordner i Norge (Elven 2021). Nesten 300 rødlistede arter i kategoriene CR, EN og VU er registrert innenfor buffersonen på 350 meter langs riks- og fylkesvegene i Viken. Det kan være stor variasjon i levesett, visuell kapasitet og respons på lys hos de ulike artene også innen relativt taksonomisk nærstående arter. Det er av den grunn en utfordring å vurdere hvordan vegbelysningen påvirker fitness hos en art på grunnlag av kunnskap om dette hos andre arter, og vi kan ikke uten videre generalisere effekten av belysningen. For å kunne vurdere dette for insekter som er avhengige av ressurser langs vegnettet i Norge mer spesifikt enn de antakelsene som per i dag kan gjøres på grunnlag av studier gjort under andre forhold i andre land, må vi skaffe kunnskap om hvordan de interessante artene oppfatter og reagerer på lys. Vi har ikke kunnet undersøke i hvor stor grad det finnes tilstrekkelig informasjon for å vurdere effekten av vegbelysning for de insektartene som er inkludert i dette prosjektet, men vi antar at dette mangler helt eller delvis hos mange av artene.

Det er gjort en god del forskning på effekter av kunstig belysning om natten på insekter, men de har stort sett hatt fokus på spesifikke problemstillinger og enkelte arter (Jägerbrand m.fl. 2021). Det er vanskelig å vurdere hvor relevante disse studiene er for norske insektarter og -samfunn. Det er gjort noen få forsøk der man har studert effekten spesielt av vegbelysning på større insektsamfunn, f.eks. studien av pollinatorsamfunn i Sveits (Knop m.fl. 2017), men vi fant ingen publikasjoner som beskriver slike forsøk gjort i Norge.

I eldre studier av effekten av kunstig nattlig belysning på insekter er det stort sett brukt andre lyskilder enn LED. LED-belysningen som er aktuell å bruke som vegbelysning i dag (bredspektret hvitt med mye blått) ligner dagslyset mer enn NaH og andre tidligere brukte lampetyper. Det antas derfor at insekter som eksponeres for LED-belysningen vil reagere biologisk og økologisk på dette lyset omtrent som naturlig lys, og at LED-belysningen derfor vil kunne ha større negativ effekt på insektarter og -samfunn enn monokromatisk eller nesten monokromatisk gul-oransje lys fra NaH og NaL-lamper. Jägerbrand m.fl. (2018) skriver at den konkrete effekten av LED-belysning på ulike organismer og økosystem fremdeles er lite kjent.

Det er foreslått mange avbøtende tiltak for å redusere negativ effekt av vegbelysningen (bl.a. Jägerbrand m.fl. 2018, Jägerbrand og Tengelin 2020, SVV Håndbok V124), men det er utført veldig få forsøk for å finne ut av hvor effektive disse tiltakene er hver for seg og i kombinasjon (Jägerbrand m.fl. 2021).

Når effekten av lysforurensning fra vegbelysning på insektarter og -samfunn skal studeres er det nødvendig å ha gode data på egenskapene til lyskildene og gjøre lysmålinger i det området som skal undersøkes. Jägerbrand m.fl. (2021) konkluderer ut fra sitt omfattende litteraturstudium av forsøk som er gjort på effekter av lysforurensning på økosystemer at det mangler etablerte metoder for måling og rapportering av kunstig og naturlig lys om natten. De skriver også at det er en stor utfordring at en

del studier har svakheter i den vitenskapelige metodikken, at det er brukt lyskilder med ulik spektralfordeling, effekt, avstand og lysfordeling i de ulike forsøkene, og lyset som er brukt ikke er godt nok beskrevet. Dette gjør at det er vanskelig å repetere forsøkene og å avgjøre i hvilken grad resultatene er generaliserbare.

6.2 Behov knyttet til geodata

I den geografiske delen av prosjektet ble det tydelig at tilgang til detaljert informasjon om lysarmaturene i NVDB er svært begrenset. Vi var derfor nødt til å kun se på potensiell effekt på insektlivet og tilstøtende habitater på et generelt nivå. Som det kommer frem i kapittel 3, er insektene en svært mangfoldig gruppe og de ulike artsgruppene påvirkes på veldig ulik måte av kunstig belysning. For en mer nyansert geografisk analyse som tar hensyn til ulike typer lys (lyskilde, effekt, lumen, fargetemperatur, osv.) hadde det derfor vært ønskelig med et mer fullstendig datagrunnlag. Tatt i betraktning det enorme antallet av belysningspunkter i Norge må det dog sies at NVDB generelt fremstår som en svært omfattende og velstrukturert database med tilstrekkelig geoinformasjon til de fleste typer analyser.

Vi er klar over at det er krevende å innhente så detaljert informasjon fra hvert enkelt belysningspunkt, men vi anbefaler at denne type data registreres i større omfang, for eksempel i forbindelse med den gradvise utskiftningen av lyskildene framover.

Det er også noen usikkerheter knyttet til naturtypene etter DN-håndbok 13 hentet fra Naturbasen. Særlig i henblikk på verdisetting av lokaliteter finnes det lite informasjon om hvordan klassifikasjonen kvalitetssikres og ajourføres. Det er derfor usikker om hvorvidt de kartlagte naturtypene fortsatt innehar den samme betydningen for biologisk mangfold som den gangen de ble kartlagt for første gang.

6.3 Anbefalinger for videre FoU

Hvordan insekter påvirkes av kunstig belysning langs vegene og hvordan vi kan redusere denne effekten med målrettede tiltak er en kompleks problemstilling som er avhengig av mange faktorer. Dermed er også det generelle behovet for videre FoU omfattende. Vi vil i dette avsluttende kapittelet gi noen anbefalinger på hvilke områder vi mener videre analyser med en mer omfattende projektramme kan være hensiktsmessige.

For det første bør den geografiske analysen utvides til nasjonalt nivå for å få et bedre bilde over problemstillingen og for å få mulighet til å se nærmere på eventuelle regionale forskjeller. Som vi pekte på tidligere spiller f.eks. temperatur og daglengde en viktig rolle for hvilke arter/artsgrupper som påvirkes på de ulike tidene av året. Mens Viken har relativt lite regional variasjon når det gjelder gjennomsnittstemperatur og daglengde, vil det være mye større forskjeller mellom nord og sør i landet. I denne sammenheng kan det være et interessant spørsmål i hvilken grad insekter påvirkes under nordnorske forhold, særlig med henblikk på midnattssolen.

Videre er det mulig å ta i bruk modelleringsmetoder for å øke forståelsen av det komplekse samspillet mellom insekter og belysning, men også ytre faktorer som geografi og klima. Modellering gjør det også mulig å simulere hvordan implementering av avbøtende tiltak vil endre påvirkningsgraden på insektfaunaen. Dette krever at det foreligger gode data på insekters synssystem, biologiske rytme og respons på lys og lysmålinger langs vegnettet i de områdene som skal undersøkes. Det er i den forbindelse helt avgjørende at det brukes etablert standardisert metodikk for målinger av lysforurensingen basert på SI-systemet som dekker det synlige spekteret og det spekteret insekter oppfatter og reagerer på (Jägerbrand og Bouroussis, 2021).

Et annet spørsmål som bør undersøkes nærmere i fremtiden er hvilke andre areal- og habitattyper som kan bli påvirket av vegbelysning. I dette notatet har vi først og fremst sett på naturtyper etter DN-håndbok 13, men vi vil understreke at det finnes mange artsrike leveområder også utenfor de kartlagte naturtypene. I en mer omfattende analyse foreslår vi derfor å se på hele landskapet langs vegnettet ved å inkludere alle areal typer. I denne sammenheng er det også anbefalt å ta hensyn til 3-dimensjonale egenskaper av areal typene langs vegene for å kunne vurdere belysningens rekkevidde. Det kan tenkes at vegbelysningen i et tett skogsområde har et kortere virkningsområde enn en belyst veg som forløper gjennom et åpent jordbrukslandskap. Samtidig kan det også være slik at den vertikale strukturen i skogen gir mer «overflate» og dermed også plass til flere insekter.

I denne sammenheng vil det være nødvendig å finne ut over hvor store avstander vegbelysningen faktisk påvirker insektfaunaen. Her er det sannsynlig at utformingen av selve lyskilden (avskjerming, reflektorer osv.) spiller en viktig rolle. Ellers kan vi anta at det er store artsspesifikke forskjeller i hvor langt insektenes syn rekker. Det vil derfor være nødvendig å gå enda dypere inn i vitenskapen rundt insektfysiologi og insektenes syn for å kunne velge en passende bredde på buffersonen. I tillegg til areal type og vegetasjon, vil også terrengformen spille en rolle. For eksempel kan en fjellvegg tett inntil vegen fungere som en lysbarriere og dermed til en viss grad redusere lysets effekt på tilstøtende arealer.

Videre anbefaler vi å gjennomføre flere dybdegående analyser av enkelte insektarter/enkelte utvalgte insektgrupper langs vegnettet i Norge, f.eks.:

- utvidet litteraturstudium for å finne ut hva slags informasjon som finnes om insektenes levesett, visuelle kapasitet og oppfatning av og respons på lys
- registrere insekter som fanges rundt lyskildene og i belyste områder
- undersøke forflytning av insekter gjennom kjedene av lyspunkter
- overvåking av artsmangfold og individtetthet i belyste og ubelyste områder over tid
- undersøke frøsetting hos planter som er avhengige av insekter for pollinering i belyste og ubelyste områder
- studier av effekten av avbøtende tiltak som er i bruk eller anbefales brukt

For å prioritere videre arbeid i Sverige med å forstå effekten av kunstig belysning om natten foreslår Jägerbrand m.fl. (2018) og Jägerbrand og Bouroussis (2021) at man tar utgangspunkt i de artene som er mest følsomme for lysforurensning. For insekter tenker vi dette særlig gjelder arter/grupper som:

- er aktive om natten eller i svakt lys (nattaktive og skumringsaktive arter)
- lever i habitater som kan bli særlig utsatt for lysforurensning fra vegbelysningen (sårbar habitat).
- som foretar årstidsstyrte migrasjoner (f.eks. flygninger mellom sommer- og vinteroppholdsplass) og/eller er avhengig av å forflytte seg daglig eller mer eller mindre regelmessig gjennom belyst område for nødvendig aktivitet (f.eks. forflytning mellom områder for hvile og næringsopptak). Følsomheten ligger, som Jägerbrand m.fl. (2018) skriver, delvis i at mange arter bruker astronomiske lyssignaler for orientering som kan kamufleres av lysforurensning, og delvis i at den samlede effekten av de mange lyspunktene som insektene må passere kan bli kritisk.
- som tiltrekkes fototaktisk til kunstig lys og fanges der («støvsugereffekten») slik at de blir hindret i naturlig atferd, blir utslitt eller utsatt for predasjon.
- som allerede er truet av annen menneskelig aktivitet og der negativ effekt av kunstig belysningen kan bli kritisk. Lister over rødlistede arter kan gi indikasjon på usatte arter.
- har viktig rolle i økosystemet

Punktene ovenfor er basert på det som er kjent om effekt av lysforurensning på noen insekter/insektgrupper i dag. Effekten av kunstig belysning om natta av ulike typer habitat er ukjent for en stor mengde arter og flere artsgrupper. Det bør derfor også undersøkes om det er andre arter/insektgrupper enn de som er nevnt over som er spesielt sårbare for lysforurensning.

Jägerbrand og Bouroussis (2021) gir en oversikt over etablerte retningslinjer for utendørsbelysning med ulike funksjoner i sårbare og vernede miljøer (lyskilder, lysdesign, teknologi, belysningsmønster), beskriver et system for inndeling i miljøsoner til bruk i planleggingen av utendørsbelysning, prioritering av sårbare arter/artsgrupper og habitat og økosystem som er utsatt for lysforurensning, samt en økologisk tilnærming til arbeidet med å redusere effektene av lysforurensning på landskapsnivå og med målinger av kunstig lys i felt. Artikkelen har fokus på urbane miljø, og ikke på vegbelysning i særlig grad, men inneholder mye informasjon som kan være nyttig for videre arbeid med studier av konsekvensene av kunstig belysning langs norske veger på insekter og effekten av avbøtende tiltak.

Litteraturreferanser

- Bane NOR, 2019. Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 (FRE). Økologisk kompensasjon. Dato: 08.03.2019 (FRE-00-Q-00016)
- Desouhant E, Gomes E, Mondy N, Amat I, 2019. Mechanistic, ecological, and evolutionary consequences of artificial light at night for insects: review and prospective. *Entomol. Exp. Appl.* 167, 37–58.
- Direktoratet for naturforvaltning, 2007. Kartlegging av naturtyper - Verdisetting av biologisk mangfold. DN-håndbok 13 2.utgave 2006 (oppdatert 2007)
- Elven H, 2020. Insekter Insecta. Artsdatabanken <https://www.artsdatabanken.no/Pages/135656/Insekter>, besøkt 28. oktober 2020.
- Follestad A, 2014. Effekter av kunstig nattbelysning på naturmangfoldet – en litteraturstudie. NINA Rapport 1081, 98 sider.
- Gaarder G, Erikstad L, Larsen BH, Mjelde M, 2012. Sammenheng mellom rødlista for naturtyper og DN-håndbok 13. Miljøfaglig Utredning Rapport 2012:26
- Grubisic M, van Grunsven RHA, Kyba CCM, Manfrin A, Hölker F, 2018. «Insect Declines and Agroecosystems: Does Light Pollution Matter?: Insect Declines and Agroecosystems». *Annals of Applied Biology* 173 (2): 180–89. <https://doi.org/10.1111/aab.12440>.
- Hafdell P, 2020. Mål och medel mot ljusföroreningar längs statliga vägar och järnvegar. *Biodivers* 3-20: 20-21.
- Henriksen S, Hilmo O, 2015. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken, Norge
- Jägerbrand AK, 2018. LED-belysningens effekter på djur och natur med rekommendationer: Fokus på nordiska förhållanden och känsliga arter och grupper. Calluna AB.
- Jägerbrand AK, Tengelin MN, 2020. Åtgärder mot ljusföroreningar. 18-19
- Jägerbrand AK, Tengelin MN, Durmus D, 2021. A review of the impact of light pollution on ecosystems and sky brightness. CIE poster.
- Johansen NS, 2009. Effect of continuous light on the biology of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, on roses. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 133: 244–250. DOI: 10.1111/j.1570-7458.2009.00927.x
- Johansen NS, 2012. Lyskvalitet og plantevalg hos veksthusmellus. *Gartneryrket*, 5/2012, 30-33.
- Johansen NS, Torp T, Solhaug KA, 2018. Phototactic response of *Frankliniella occidentalis* to sticky traps with blue light emitting diodes in herb and *Alstroemeria* greenhouses. *Crop Protection* 114, 120-128.
- Johansen NS, Vänninen I, Pinto Zavallos D, Nissinen A, Shipp L, 2011. In the light of new greenhouse technologies: 2. Direct effects of artificial lighting on arthropods and integrated pest management in greenhouse crops. *Annals of Applied Biology* 159, 1-27.
- Knop E, Zoller L, Ryser R, Gerpe C, Hörler M, Fontaine C, 2017. Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, August 2017, doi:10.1038/nature23288
- Lindgaard A, Henriksen S, 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim, 20.
- Ljungentorp R, 2021. Artificielt lys på natten – en fenomenografisk studie om Sveriges kunskapsläge gällande ljusförorening som miljöproblem. Oppgave i Miljøvitenskap (1 hp), Malmö Universitet. 54 sider.
- Lockett MT, Jones TM, Elgar MA, Gaston KJ, Visser ME, Hopkins GR, 2021. Urban street lighting differentially affects community attributes of airborne and ground-dwelling invertebrate assemblages. *Journal of Applied Ecology*. 2021;00:1–11. DOI: 10.1111/1365-2664.13969
- Owens ACS, Cochard P, Durrant J, Farnworth B, Perkin EK, Seymore B, 2020. Light pollution is a driver of insect declines. *Biological conservation* 241 (2020) 108259.
- Owens ACS, Lewis SM, 2018. The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and Evolution*. 2018;8:11337–11358. DOI: 10.1002/ece3.4557
-

Saunders DS, 2002. *Insect Clocks*. 3rd edn. Amsterdam, the Netherlands/London, UK: Elsevier Science B.V.

Statens Vegvesen, 2021. Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning, Håndbok V124, April 2021.

van der Kooij CJ, Stavenga DG, Arikawa K, Belušić G, Kelber A, 2021. Evolution of Insect Color Vision: From Spectral Sensitivity to Visual Ecology. *Annual Review of Entomology* 2021. 66:435–61. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-061720-071644>

Warrant E, Nilsson DE, 2006. *Invertebrate Vision*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wåseth HI, 2019. Nyanser av mørke: ulike belysningsstrategiers innvirkning på miljø og trygghet. Videreutdanningsmaster ved Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo. <https://aho.brage.unit.no/aho-xmlui/handle/11250/2638284>

Utover de artiklene som det refereres til i notatet, anbefaler vi følgende originalartikler og som vi ikke har kunnet gå gjennom i dette prosjektet:

Barroso A, Haifig I, Janei V, Da Silva I, Dietrich C, Costa-Leonardo AM, 2017. Effects of flickering light on the attraction of nocturnal insects. *Lighting Research and Technology* 49(1): 100–110.

Bolliger J, Hennem T, Wermelinger B, Bösch R, Pazur, Blum S, Haller J, Obrist MK, 2020. Effects of traffic-regulated street lighting on nocturnal insect abundance and bat activity. *Basic and Applied Ecology* 47 (2020) 4456

Boyes DH, Evans, DM, Fox, R, Parsons, MS, Pocock, MJO, 2021. Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science Advances* 7, <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8322>

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

Lyytimäki J, Tapio P, Assmuth T, 2011. Unawareness in environmental protection: The case of light pollution from traffic. *Land Use Policy* 29; 598– 604

Macgregor C J, Evans DM, Fox R, Pocock MJO, 2017. The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport. *Glob. Change Biol.* 23, 697–707.

MacGregor CJ, Pocock MJO, Fox R, Evans DM, 2015. Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecol. Entomol.* 40, 187–198

Victorsson J, Håstad O, 2020. Insekter och ljusföroreningar. *Biodiverse* 3-20; 12-13.

Vedlegg

Vedlegg Y: Rødlistede insektarter i kategoriene CR, EN og VU registrert i ulike naturtyper klassifisert etter DN-håndbok 13 i en buffersone på 350 m langs fylkes- og riksvegnettet i Viken.

Biller (Coleoptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Apionidae	Spissnutebiller	<i>Protapion varipes</i>		VU
Buprestidae	Praktbiller	<i>Agrilus olivicolor</i>	Hasselpraktbille	EN
Cantharidae	Bløtvinger	<i>Malthinus balteatus</i>		VU
Carabidae	Løpebiller	<i>Cicindela hybrida</i>		VU
Carabidae	Løpebiller	<i>Harpalus luteicornis</i>		VU
Cerambycidae	Trebukker	<i>Chlorophorus herbstii</i>		CR
Cerambycidae	Trebukker	<i>Stenocorus meridianus</i>		VU
Cerambycidae	Trebukker	<i>Tetrops starkii</i>		VU
Chrysomelidae	Bladbiller	<i>Cassida nebulosa</i>	Prikket Skjoldbille	VU
Chrysomelidae	Bladbiller	<i>Cassida panzeri</i>	Maskeskjoldbille	EN
		<i>Cryptocephalus</i>		
Chrysomelidae	Bladbiller	<i>hypochoeridis</i>	Enghettebladbille	VU
Chrysomelidae	Bladbiller	<i>Galeruca pomonae</i>	Knoppurtbladbille	VU
Coccinellidae	Marihøner	<i>Nephus limonii</i>	Fjæredvergmariehøne	VU
Cryptophaginae	Fuktbiller	<i>Cryptophagus confusus</i>		VU
Cryptophaginae	Fuktbiller	<i>Cryptophagus fuscicornis</i>		VU
Cryptophaginae	Fuktbiller	<i>Cryptophagus labilis</i>		VU
Curculionidae	Snutebiller	<i>Bagous lutulosus</i>		VU
Curculionidae	Snutebiller	<i>Tychius polylineatus</i>		VU
Curculionidae	Snutebiller	<i>Tychius squamulatus</i>		VU
Dasytidae	Børstebiller	<i>Aplocnemus impressus</i>		VU
Dytiscidae	Vannkalver	<i>Graphoderus bilineatus</i>		VU
Elateridae	Smellere	<i>Ampedus hjorti</i>	Eikeblodsmeller	VU
Elateridae	Smellere	<i>Ampedus sanguinolentus</i>	Flekkblodsmeller	EN
Elateridae	Smellere	<i>Cardiophorus ebeninus</i>	Sandsmeller	VU
Elateridae	Smellere	<i>Crepidophorus mutilatus</i>	Nattsmeller	EN
Erotylidae	Kjukebiller	<i>Combocerus glaber</i>		EN
Eucnemidae	Råtevedbiller	<i>Hylis procerulus</i>	Granråtevedbille	VU
Eucnemidae	Råtevedbiller	<i>Rhacopus sahlbergi</i>	Hasselråtevedbille	EN
Hydrophilidae	Vannkjær	<i>Hydrochara caraboides</i>		EN
Laemophloeidae	Kjøttflatbiller	<i>Cryptolestes corticinus</i>		VU
Laemophloeidae	Kjølfatbiller	<i>Laemophloeus monilis</i>		CR
Latridiidae	Muggbiller	<i>Corticaria lateritia</i>		VU
Melandryiodae	Vedborere	<i>Anisoxya fuscula</i>		VU
Melandryiodae	Vedborere	<i>Melandrya barbata</i>		EN
Mordellidae	Broddbiller	<i>Mordellaria aurofasciata</i>		EN
Nitidulidae	Glansbiller	<i>Amphotis marginata</i>		EN

Familie		Art		Rødliste-status
Nitidulidae	Glansbiller	<i>Meligethes norvegicus</i>	Dragehodeglansbille	EN
Oedemeridae	Bløtbukker	<i>Ischnomera cinerascens</i>		EN
Oedemeridae	Bløtbukker	<i>Ischnomera sanguinicollis</i>		EN
Ptinidae	Tyvbiller og borebiller	<i>Anitys rubens</i>		EN
Ptinidae	Tyvbiller og borebiller	<i>Hemicoelus fulvicornis</i> <i>Microbregma</i>		VU
Ptinidae	Tyvbiller og borebiller	<i>emarginatum</i>		EN
Ptinidae	Tyvbiller og borebiller	<i>Xyletinus longitarsis</i>		VU
Ptinidae	Tyvbiller og borebiller	<i>Xyletinus pectinatus</i>		EN
Rhipiphoridae	Snyltebiller	<i>Ripidius quadriceps</i>		VU
Scarabidae	Skarabider	<i>Aphodius sticticus</i>	Markgjødselbille	EN
Scarabidae	Skarabider	<i>Protaetia marmorata</i>	Eikegullbasse	
Staphylinidae	Kortvinger	<i>Batrisodes delaporti</i>		EN
Staphylinidae	Kortvinger	<i>Bisnius nitidulus</i>		VU
Staphylinidae	Kortvinger	<i>Cephennium thoracicum</i>		EN
Staphylinidae	Kortvinger	<i>Lordithon pulchellus</i>		VU
Staphylinidae	Kortvinger	<i>Thiasophila inquilina</i>		EN
Tenebrionidae	Skyggebiller	<i>Corticeus suturalis</i>		EN
Tenebrionidae	Skyggebiller	<i>Cteniopus sulphureus</i>		EN
Tenebrionidae	Skyggebiller	<i>Hymenalia rufipes</i>		EN
Tenebrionidae	Skyggebiller	<i>Mycetochara axillaris</i>		EN
Tenebrionidae	Skyggebiller	<i>Mycetochara humeralis</i>		VU
Tenebrionidae	Skyggebiller	<i>Prionychus melanarius</i>		VU
Trogossitidae	Gnagbiller	<i>Grynocharis oblonga</i>	Eikegnagbille	VU

Nebbmunner (Hemiptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Cicadellidae	Bladsikader	<i>Micantulina micantula</i>		VU
Lygaeidae	Frøteger	<i>Ischnodemus sabuleti</i>		EN

Nettvinger (Neuroptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Myrmeleontidae	Maurløver	<i>Myrmeleon bore</i>	Strandmaurløve	EN

Sommerfugler (Lepidoptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Adelidae	Svepemøll	<i>Nemophora minimella</i>		VU
Bucculatricidae	Øyelokkmøll	<i>Bucculatrix bechsteinella</i>		VU
Coleophoridae	Sekkmøll	<i>Coleophora albella</i>		VU
Coleophoridae	Sekkmøll	<i>Coleophora colutella</i>	Liten Lakrismjeltsekkmøll	VU
Coleophoridae	Sekkmøll	<i>Coleophora ramosella</i>		VU

Familie		Art		Rødliste-status
Depressariidae	Flatmøll	<i>Ethmia pusiella</i>		CR
Drepanidae	Halvspinnere	<i>Cilix glaucata</i>	Slåpetornsigdvinge	VU
Elachistidae	Gressmøll	<i>Elachista consortella</i>		VU
Erebidae	Praktfly	<i>Atolmis rubricollis</i>	Rødhalslavspinner	VU
Erebidae	Praktfly	<i>Catocala nupta</i>	Pileordensbånd	EN
Erebidae	Praktfly	<i>Spilosoma urticae</i>	Hvit Tigerspinner	VU
Erebidae	Praktfly	<i>Tyria jacobaeae</i>	Karminspinner	EN
Gelechiidae	Båtmøll	<i>Metzneria neuropterella</i>		VU
Gelechiidae	Båtmøll	<i>Monochroa hornigi</i>		VU
Geometridae	Målere	<i>Chlorissa viridata</i>	Heibladmåler	VU
Geometridae	Målere	<i>Ecliptopera capitata</i>	Springfrødråpemåler	VU
Geometridae	Målere	<i>Idaea emarginata</i>	Flikengmåler	VU
Geometridae	Målere	<i>Idaea humiliata</i>	Strandengmåler	EN
Geometridae	Målere	<i>Perizoma bifaciata</i>	Rødttopplundmåler	VU
Geometridae	Målere	<i>Thalera fimbrialis</i>	Randbladmåler	VU
Glyphipterigidae	Kommamøll	<i>Digitivalva arnicella</i>	Solblomengmøll	EN
Glyphipterigidae	Kommamøll	<i>Orthotelia sparganella</i>		VU
Lasiocampidae	Ekte spinnere	<i>Malacosoma castrensis</i>	Båndringspinner	VU
Lycaenidae	Glansvinger	<i>Satyrium w-album</i>	Almestjertvinge	VU
Lycaenidae	Glansvinger	<i>Scolitantides orion</i>	Klippeblåvinge	CR
Lypusidae	Rørmøll	<i>Amphisbatis incongruella</i>		VU
Nepticulidae	Dvergmøll	<i>Trifurcula cryptella</i>		VU
Nepticulidae	Dvergmøll	<i>Trifurcula subnitidella</i>		EN
Noctuidae	Nattfly	<i>Eugraphe sigma</i>	Gulhodefly	VU
Noctuidae	Nattfly	<i>Globia algae</i>	Irisørfly	VU
Noctuidae	Nattfly	<i>Globia sparganii</i>	Piggknopprørfly	EN
Noctuidae	Nattfly	<i>Mesogona oxalina</i>	Krypvierfly	EN
Oecophoridae	Prydmøll	<i>Batia internella</i>		VU
Oecophoridae	Prydmøll	<i>Crassa tinctella</i>		VU
Prodoxidae	Knoppmøll	<i>Lampronia morosa</i>		VU
Tineidae	Ekte møll	<i>Nemapogon nigralbella</i>	Svartflekket Kjukemøll	VU
Tortricidae	Viklere	<i>Bactra robustana</i>	Kystsumpvikler	VU
Tortricidae	Viklere	<i>Cochylidia richteriana</i>	Brun Malurtpraktvikler	EN
Tortricidae	Viklere	<i>Epiblema inulivora</i>	Alantstengelvikler	EN
Tortricidae	Viklere	<i>Grapholita discretana</i>	Humlevikler	CR
Tortricidae	Viklere	<i>Grapholita janthinana</i>	Hagtornfrøvikler	EN
Tortricidae	Viklere	<i>Gynnidomorpha alismana</i>	Vassgropraktvikler	EN
Tortricidae	Viklere	<i>Pelochrista caecimaculana</i>	Grå Engvikler	EN
Zygaenidae	Bloddråpesvermere	<i>Zygaena viciae</i>	Liten Bloddråpesvermer	VU

Rettvinger (Orthoptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Acrididae	Markgresshopper	<i>Psophus stridulus</i>	Klapregresshoppe	VU
Acrididae	Markgresshopper	<i>Sphingonotus caeruleans</i>	Blåvingegresshoppe	VU

Tovinger (Diptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Asilidae	Rovfluer	<i>Eutolmus rufibarbis</i>	Rødskjeggrovflue	EN
Bibionidae	Hårmygg	<i>Bibio marci</i>	Markusflue	VU
Canthylosceldidae	Huldremygg	<i>Hyperoscelis eximia</i>		EN
Dixidae	-	<i>Dixa maculata</i>		VU
Mycetophilidae	Soppmygg	<i>Greenomyia baikalica</i>		VU
Psychodidae	Sommerfuglmygg	<i>Trichomyia urbana</i>		VU
Stratiomyidae	Våpenfluer	<i>Oplodontha viridula</i>	Svarttegnet Våpenflue	VU
Stratiomyidae	Våpenfluer	<i>Stratiomys singularior</i>		EN
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Anasimyia interpuncta</i>	Tidlig Damblomsterflue Gulstripet	VU
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Arctophila bombiformis</i>	Bjørneblomsterflue	VU
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Brachyopa pilosa</i>	Ospesevjeblomsterflue	EN
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Chalcosyrphus piger</i>	Rød Fururåtevedblomsterflue	EN
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Ferdinandea ruficornis</i>	Sørlig Bronseblomsterflue	VU
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Orhonevra intermedia</i>	Sumpglansblomsterflue	EN
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Parhelophilus consimilis</i>	Ringet Strandblomsterflue	VU
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Parhelophilus versicolor</i>	Gul Strandblomsterflue	VU
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Pelecocera tricincta</i>	Tørrmarksmåblomsterflue	EN
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Pocota personata</i>	Loddenblomsterflue	EN
Syrphidae	Blomsterfluer	<i>Spilomyia manicata</i>	Svartfottreblomsterflue	VU

Veps (Hymenoptera)

Familie		Art		Rødliste-status
Andrenidae	Gravebier	<i>Andrena falsifica</i>	Jordbærsandbie	VU
Andrenidae	Gravebier	<i>Andrena fulvago</i>	Kurvsandbie	VU
Andrenidae	Gravebier	<i>Andrena hattorfiana</i>	Rødknappsandbie	CR
Andrenidae	Gravebier	<i>Andrena marginata</i>	Ildsandbie	VU
Andrenidae	Gravebier	<i>Andrena nanula</i>	Dvergsandbie	VU
Andrenidae	Gravebier	<i>Andrena nigrospina</i>	Sotsandbie	EN
Apidae	Langtungebier	<i>Bombus distinguendus</i>	Kløverhumle	EN
Apidae	Langtungebier	<i>Bombus subterraneus</i>	Slåttehumle	VU
Chrysididae	Gullvepser	<i>Chrysis vanlithi</i>	Kystgullveps	VU
Chrysididae	Gullvepser	<i>Chrysis viridula</i>	Flammegullveps	VU
Chrysididae	Gullvepser	<i>Pseudomalus violaceus</i>	Fiolet Kulegullveps	VU
Crabronidae	Gravevepser	<i>Crossocerus congener</i>	Dvergskoggraver	VU
Crabronidae	Gravevepser	<i>Ectemnius rubicola</i>	Stengelvedgraver	VU
Dryinidae	Klovepser	<i>Gonatopus formicarius</i>		VU
Formicidae	Maur	<i>Camponotus vagus</i>	Sotstokkmaur	VU
Formicidae	Maur	<i>Formica pressilabris</i>	Blank Heimaur	VU
Formicidae	Maur	<i>Leptothorax gredleri</i>	Eikesmalmaur	VU
Halictidae	Markbier	<i>Lasioglossum quadrinotatum</i>	Reliktjordbie	CR

Familie		Art		Rødliste-status
Megachilidae	Buksamlerbier	<i>Hoplitis leucomelana</i>	Engvedbie	VU
Melittidae	Blomsterbier	<i>Dasygaster hirtipes</i>	Buksebie	VU
Pompilidae	Veivepser	<i>Arachnospila wesmaeli</i>	Dyneveiveps	VU
Pompilidae	Veivepser	<i>Caliadurgus fasciatellus</i>	Smalveiveps	VU
Tenthredinidae	Bladvepser	<i>Rhadinoceraea micans</i>		VU
Tenthredinidae	Bladvepser	<i>Tomostethus nigrinus</i>		VU

Øyestikkere (Odonotha)

Familie		Art		Rødliste-status
Corduliidae	Glanslibeller	<i>Epitheca bimaculata</i>	Toflekklibelle	VU
Lestidae	Metallvannnymfer	<i>Lestes dryas</i>	Sørmotallvannnymfe	VU



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

