

Refleksjonsanalyse for Nordvi solkraftverk

Sammendrag

Norconsult har utført en geometrisk analyse av solkraftverket ved Nordvi langs E6 for å vurdere om det er geometrisk mulig at installasjonen kan blende veitrafikk.

Simulering viser at det er geometrisk mulig at solcellemodulene vil reflektere sollys mot sjåførere, i enkelte tidspunkt på året. På grunn av at solcellemoduler er designet for å absorbere lys, ikke reflektere, vil refleksjonen være diffus, ikke skarp som fra et speil. Det er på morgenen om våren at varigheten på refleksjon vil være lengst, både for nordgående og sørgående trafikk. På det meste vil refleksjonen kunne inntreffe i opptil en times tid.

I Norge har vi ikke har retningslinjer for hva som anses å være akseptabel (eller uakseptabel) refleksjon, hverken med hensyn til styrke, varighet eller hyppighet på refleksjonen. Det konkluderes i denne rapporten kun med at en refleksjon vil inntreffe, men vi tar ikke stilling til intensitet (styrke) på refleksjonen eller hvordan det reflekterte lyset oppfattes av øyet (blendingsmulighet).

Det gis til slutt noen forslag til hvordan risiko for blending kan reduseres, der alle tiltak vil ha negativ konsekvens for solkraftverkets ytelse.

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J01	2024-09-19	Til bruk	LiNils	MarLau, EivStø	MarLau

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

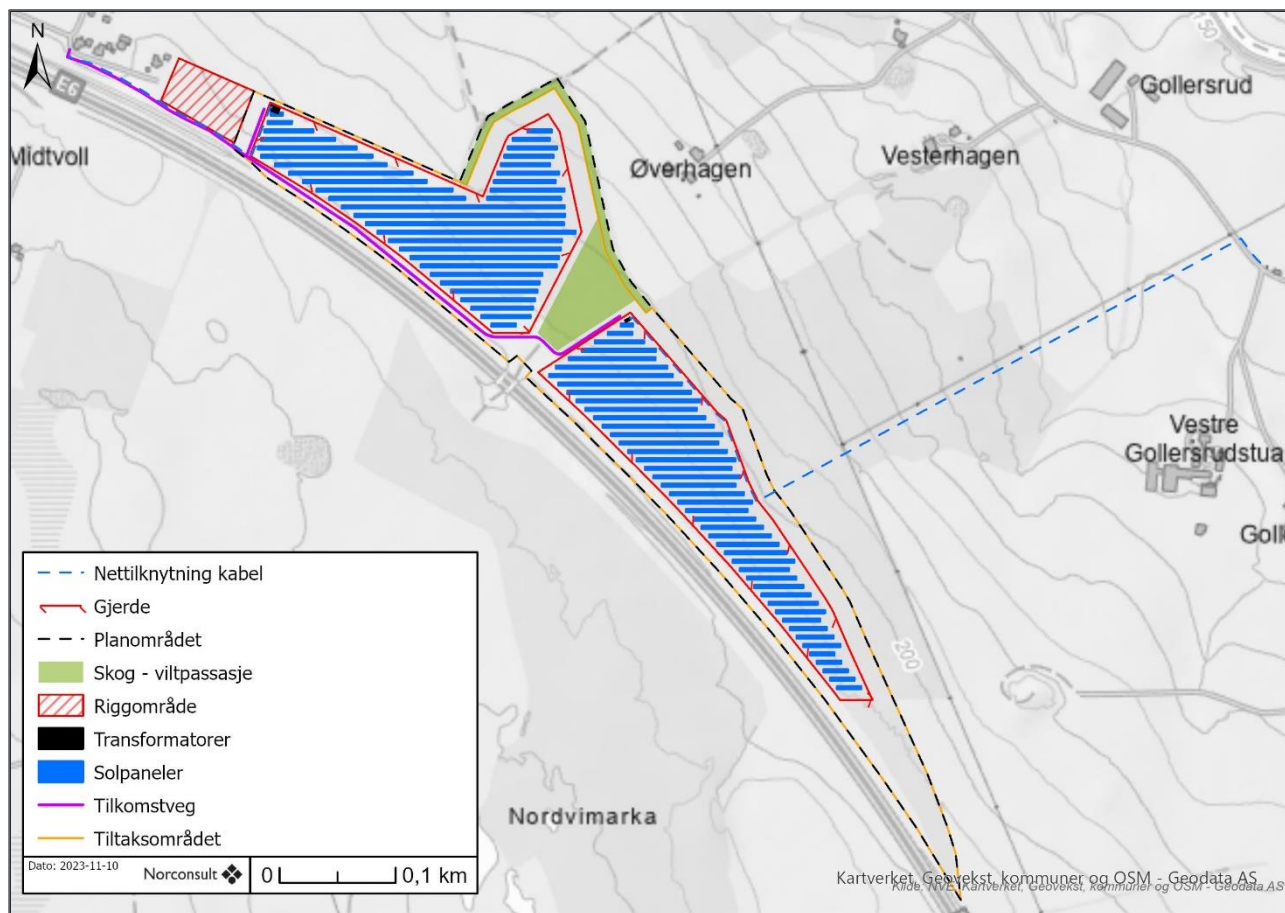
1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Solgris AS planlegger å etablere et solkraftverk på Nordvi i Stange kommune og har sendt inn konsesjonssøknad til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Som del av søknaden ønsker NVE ytterligere vurdering angående mulige blendingsvirkninger for biltrafikanter lang E6. På bakgrunn av dette har Solgrid AS engasjert Norconsult Norge AS for å gjennomføre en geometrisk refleksjonsanalyse for å gi svar på om refleksjon kan oppstå og hvilke tidspunkt gjennom året hvor geometrien og solposisjonen gir muligheten for at refleksjon vil kunne inntreffe.

1.2 Prosjektets beliggenhet

Solkraftverket er planlagt etablert på østsiden av E6 ved Stange, som ligger på østsiden av Mjøsa i Innlandet fylke. Planområdet er avgrenset av E6 i vest og følger tomtegrenser/jordbruksland i øst. Foreløpig teknisk plan for solkraftverket er vist i Figur 1. Foreløpig planområde er vist i Figur 2 med en visualisering av solkraftverket vist i Figur 3.



Figur 1: Foreløpig teknisk plan for Nordvi solkraftverk, med E6 i vest



Figur 2: Før bilde av planområdet for solkraftverket, oversiktsbilde tatt med drone øst for planområdet.



Figur 3: Visualisering av ny situasjon med Nordvi solkraftverk

2 Analyse

2.1 Underlag

For å gjennomføre analysen er simuleringsverktøyet windPRO benyttet. WindPRO har en innebygget modul (glare-module) for å utføre geometriske beregninger av refleksjoner fra solkraftverk.

Forutsetninger for beregningen i windPRO's blendingsmodul er følgende:

- Solen skal betraktes som en punktkilde
- Reflektoren (PV-panelet) er uten antirefleksbelegg
- Solen sender ut lys fra daggry til skumring (ingen unntak for dårlig vær)
- Når sollyset og en eventuell refleksjon kommer fra samme retning, tas ikke dette med i de beregnede refleksjonstidene. Det regnes kun med som refleksjon i de tilfeller der synslinjen mot solen og mot PV-panelet avviker med minst 10° (dvs. solen må komme fra annen retning enn refleksjonen for at denne skal telles med i betraktningen)

WindPRO simulerer solens bane for alle dager av året og beregner hvilke dager og tider som refleksjon fra solcellemodulene kan oppfattes av reseptorer, uavhengig av lokale værforhold.

Norconsult har fått underlag fra Solgrid med informasjon om solkraftverkets utforming som har blitt brukt ved simulering i windPRO. Underlaget viser at foreløpig teknisk design av solkraftverket vil bli utformet med følgende parametere, som er lagt til grunn i refleksjonsberegningene:

- Monokrystallinske solcellemoduler
- Fast montasjevinkel på 30°
- Sørvendt solkraftanlegg, asimuth 0°
- Maximalt 4,5m høyde over bakken, til øverste punkt på panel
- Radavstand 11m, målt fra fremkant rad 1 til fremkant rad 2

Basert på denne informasjonen er en solparklayout automatisk generert av WindPRO. Layouten er svært lik den som vises i underlaget fra Solgrid, men det vil være mindre avvik. Norconsult bedømmer at disse avvikene ikke vil ha betydelig påvirkning på analysens resultat.

I simuleringen er det brukt terrengdata hentet fra EMD server: Norwegian Elevation Model (DTM 10 Terrengmodell UTM 32). Skjermende objekter som autovern, veikilt og støyskjermer er ikke inkludert i simuleringsmodellen, men forventes å ha mindre påvirkning.

2.2 Metode

Ved simulering av solkraftverket plasseres refleksjonsreseptorer (glare-receptors) ut på punkter av interesse for analyse av refleksjon. Disse reseptorene er plassert langs E6, i nordgående og sydgående retning, for å illustrere trafikk. Simuleringen har blitt utført med reseptorer på ulike høyde for å ta hensyn til ulike typer av kjøretøy og dets høyde. Refleksjonsreseptorer er satt på høyde 1m, 1.5m og 3m. Reseptorene oppfatter lys fra 360° vinkel. Det betyr at forskjellen mellom de reseptorene som representerer nordgående- respektive sydgående trafikk er avstand fra solkraftverket og variasjoner i terreng.

Den direkte normale bestrålingen (DNI) som brukes i beregningen av reflektert bestråling er satt til å være konstant gjennom dagen i simuleringen og den spesifiserte verdien er på 1000W/m². Det vil si at lysstyrken solen stråler inn med er forutsatt å alltid være lik, det er altså ingen forskjell på solstrålens styrke sommer vs.

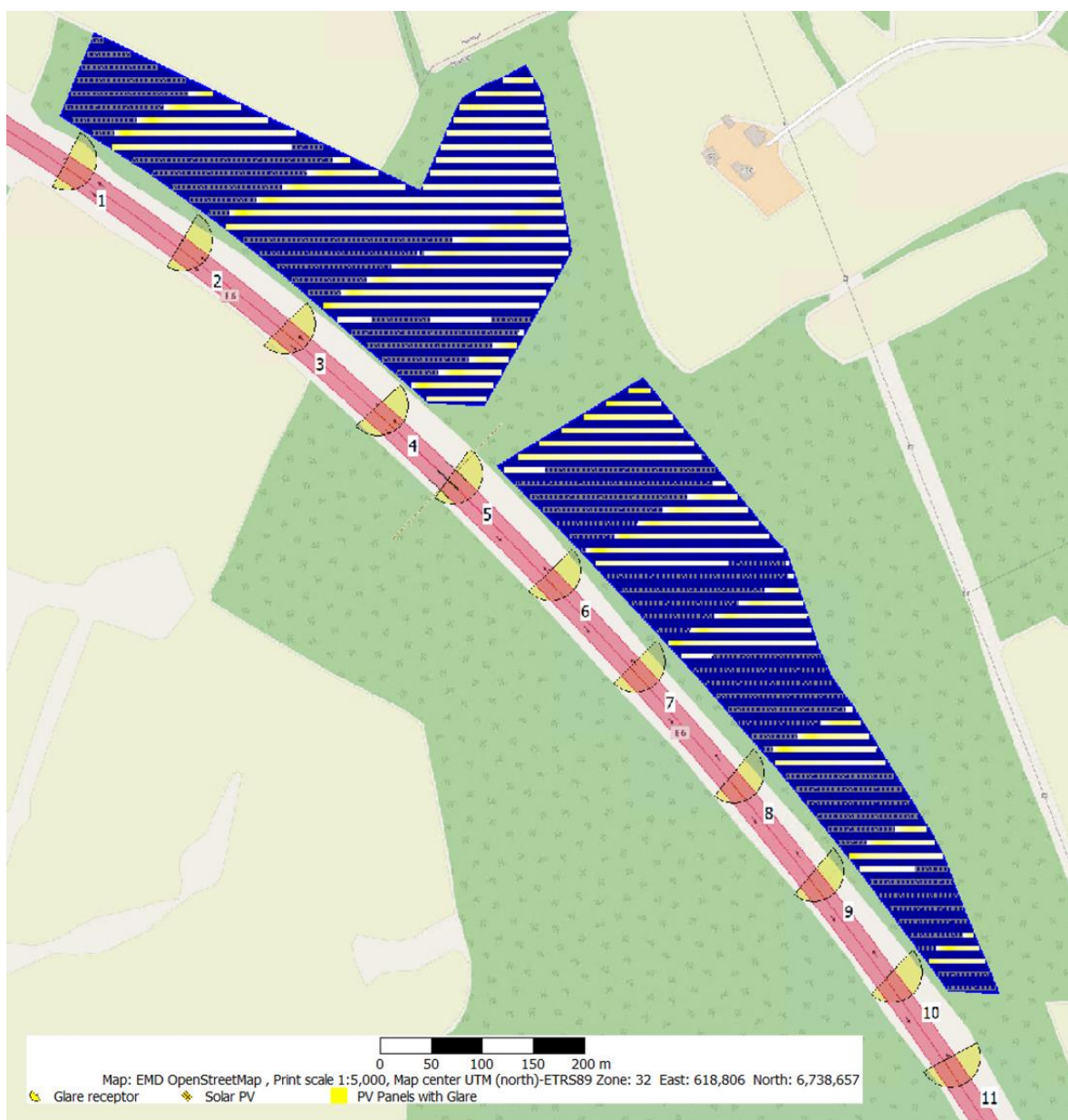
vinter, eller morgen vs. midt på dagen. Solen betraktes altså forenklet som av/på, med samme styrke all den tid den er «på».

Basert på metoden som brukes, vil resultat fra simulering med blendingsmodulen i windPRO vise «worst case» refleksjon og blending. Eksempelvis ved at solen modelleres kraftigere enn den virkelig er. Ingen optimalisering av solkraftverket med hensyn til refleksjon er utført med tanke på ulike vinkler og høyder på solcellemodulene.

3 Resultat

Simulering viser at refleksjon fra Nordvi solkraftverk er geometrisk mulig for trafikk på E6.

I figur 4 og 5 vises refleksjonsreseptorer i halvmåneform. Disse reseptorene representerer kjøretøy i nordgående og sydgående retning og de er satt på høyde 1m, 1,5m og 3m for å simulere ulike typer av kjøretøy. I figur 4 og 5 illustreres de solcellemodulene som gir refleksjon til reseptorene med gul farge. Jo lysere gul farge, jo mer refleksjon kan observeres av reseptorene.



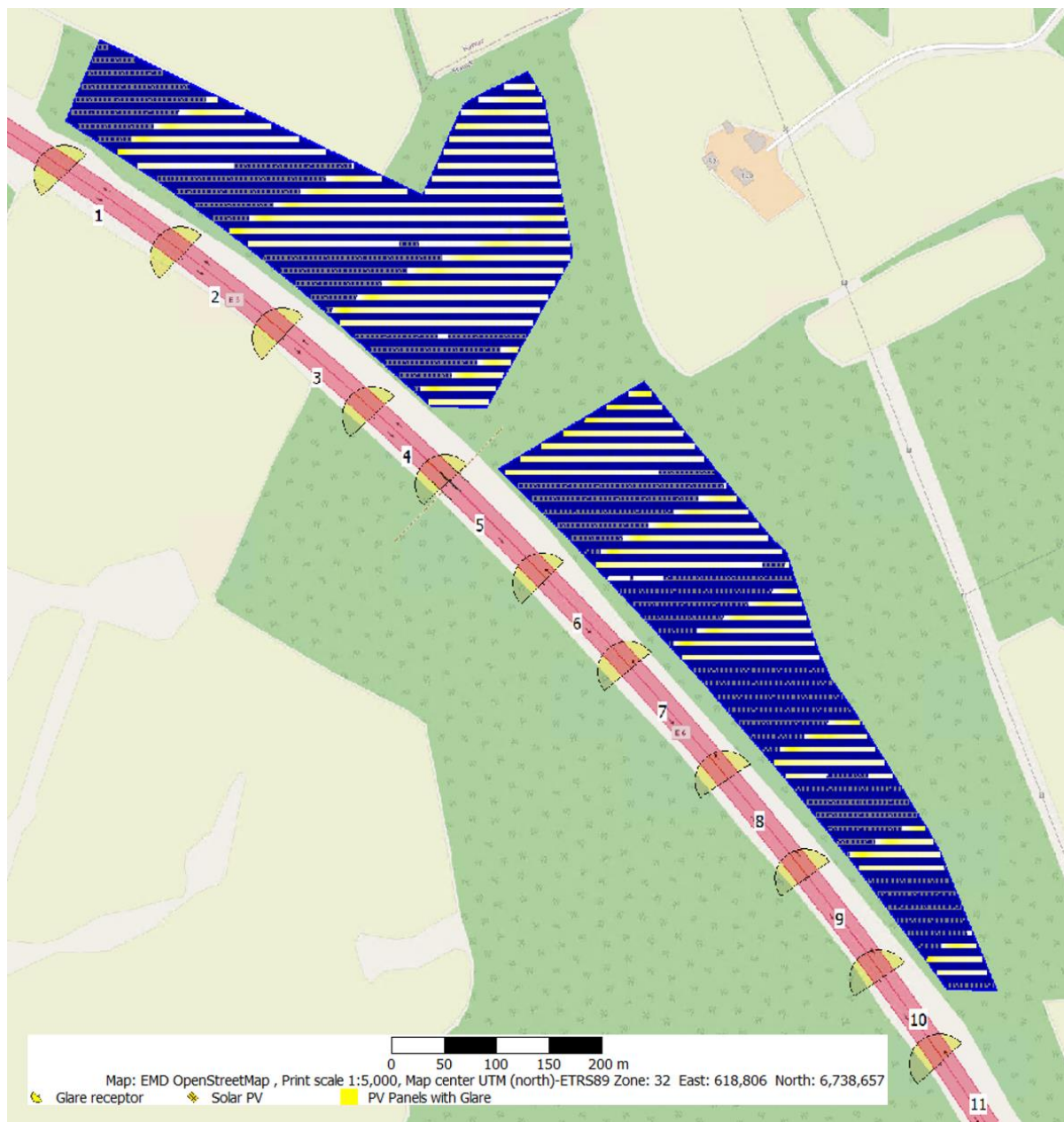
Figur 4: Nordgående trafikk. Blå areal er område med solcellemoduler. Gule solcellemoduler indikerer refleksjon mot reseptorer.

Tabell 1 inneholder resultat fra simuleringen for reseptorene vist i Figur 4, med «worst case» refleksjonsdata. Tabellen viser den høyde over bakke som reseptorene oppfatter refleksjon, total refleksjon over året, den dagen med mest refleksjon og hvor lenge det kan oppstå. Tilsvarende finnes Tabell 2 med resultat for simulering for reseptorene vist i Figur 5, for trafikk i sydgående retning.

Tabell 1: Simuleringsresultat for reseptorer som illustrerer nordgående trafikk.

Reseptorer nordgående retning	Observasjonshøyde [m]	Total tid med refleksjon over et år [t/år]	Maksimal tid av refleksjon over en dag [min/dag]	Den dag med maksimal tid av refleksjon [dato, tid]
1	1	108	44	28 Mai 06:39-07:23
2	1,5	129	54	10 Mai 06:39-07:33
3	1	142	56	6 Juni 06:40-07:36
4	3	111	42	21 Juni 06:58-07:40
5	1	82	32	24 April 06:49-07:21
6	1	105	51	5 April 06:48-07:39
7	1,5	105	43	13 Juni 06:37-07:20
8	3	116	41	22 April 06:52-07:33
9	1,5	98	36	15 Mai 06:51-07:27
10	1	88	39	11 Mai 06:38-07:17
11	1,5	0	0	

For nordgående trafikk vil det altså kunne oppstå refleksjon fra solcellemodulene på trafikanter i flere observasjonshøyder, og det er tidlig på morgenen om våren at refleksjonen varer lengst. Refleksjonen vil på det meste vare i en knapp time. Det er de høyeste radene med solcellemoduler som gir mest refleksjon.



Figur 5: Sydgående trafikk. Blå areal er område med solcellemoduler. Gule solcellemoduler indikerer refleksjon mot reseptorer.

Tabell 2: Simuleringsresultat for reseptorer som illustrerer sydgående trafikk.

Reseptorer sydgående retning	Observasjonshøyde [m]	Total tid med refleksjon over et år [tår]	Maksimal tid av refleksjon over en dag [min/dag]	Den dag med maksimal tid av refleksjon [dato, tid]
1	1	104	39	29 April 06:42-07:21
2	1,5	129	48	15 Mai 06:46-07:34

3	1	131	51	21 Juni 06:48-07:39
4	3	100	39	6 May 06:52-07:31
5	1	85	33	18 April 06:50-07:23
6	1	106	45	1 April 06:55-07:40
7	1,5	96	37	25 April 06:39-07:16
8	3	118	41	25 Mai 06:50-07:31
9	1,5	91	33	29 Mai 06:55-07:28
10	1	87	35	4 Juni 06:45-07:20
11	1,5	0		

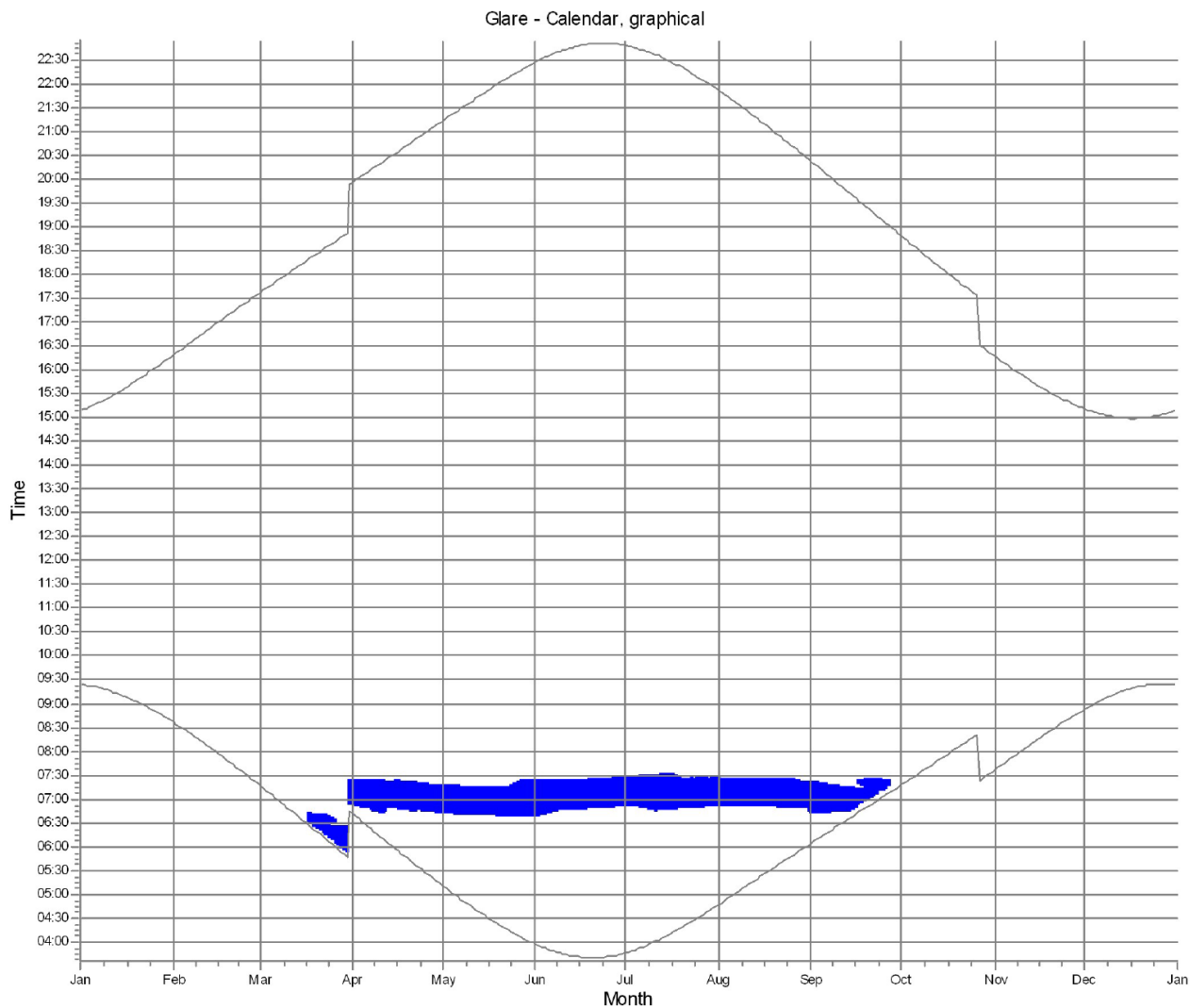
Også for sørgående trafikk vil det kunne oppstå refleksjon fra solcellemodulene på trafikanter i flere observasjonshøyder, og det er tidlig på morgenen om våren at refleksjonen varer lengst. Refleksjonen vil på det meste vare i en knapp time. Det er de høyeste radene med solcellemoduler som gir mest refleksjon.

Figur 6 viser dato og tidspunkt for når reseptor 1 i nordgående retning oppfatter refleksjon fra solkraftverket og det vil kun oppstå tidlig på dagen fra mars til september. Fra oktober til februar vil det ikke oppstå refleksjon fra solcellemodulene. Dette gjelder for alle reseptorene i både nordgående- og sørgående retning, detaljert i vedlegg 3 og 6.

Vedlagt er rapporter fra windPRO med data om hvordan refleksjon oppfattes for hver enkelt reseptor. Vedlegg 1 og 4 inneholder hovedresultatene, vedlegg 2 og 5 inneholder tabeller over hvilke vinkler på solen som gir refleksjon, og vedlegg 3 og 6 angir datoer og tidspunktene når refleksjon kan forekomme for hver reseptor.

Maksimal intensitet av refleksjon i reseptorene er målt til ca. 40 W/m². Dette er absolutt worst case scenario, som baserer seg på høy solinnstråling og andre inputverdier som forklart i 2.2 Metode, og heller ikke hensyntar tap i lysets styrke grunnet for eksempel at lyset må gjennom en frontrute og brytes der før det når øyet hos en trafikanter.

I Figur 6 gis en grafisk visning av resultatene som presenteres i tabellform i Tabell 1, altså når på året og døgnet en refleksjon oppfattes av reseptorene i nordgående retning. Skiftet som skjer for når på døgnet refleksjonen inntreffer i månedsskiftet april mai er grunnet at vi stiller klokka til sommertid.



Figur 6: Kalender over når refleksjon oppfattes av reseptor 1 i nordgående retning. Blå markering indikerer refleksjon fra solkraftverket.

4 Diskusjon

Simulering viser at refleksjon fra Nordvi solkraftverk er geometrisk mulig for både sørgående og nordgående trafikk på E6.

Det er enkelt og binært å regne på geometriske muligheter for refleksjon, når refleksjonen inntreffer samt varighet på refleksjonen. Det som ikke er enkelt, er å si noe om den okulære effekten av en refleksjon – altså når refleksjonen forårsaker en blinding eller annet form for ubehag, for øyet til den som utsettes for det reflekterte lyset.

Ettersom det per i dag ikke finnes retningslinjer eller krav knyttet til refleksjon og blinding fra solkraftverk i Norge er det vanskelig å gi svar på hvor stort problem, hvis det er et problem i det hele tatt, den beregnede refleksjon fra Nordvi solkraftverk er.

Merk at denne analysen er basert på «worst case» scenario, altså at solinnstrålingen er 1000 W/m^2 . Intensiteten på solinnstrålingen kan forventes å være så høy kun på klare sommerdager, og betydelig lavere på dager med skyer og på andre tider av året. Gjennomsnittlig innstråling er rett under 500 W/m^2 . I og med at solcellemoduler er designet for å absorbere sollys, ikke reflektere, har glasset på solcellemodulene et antirefleksjonsbelegg. Dette belegget gjør at refleksjon fra solcellemodulers overflate vil være diffus. Altså vil lyset som reflekteres fra solcellemodulene være svakere enn den beregnede intensiteten, på grunn av lysets spredning. Videre er det også forventet tap i lysintensitet fra den beregnede maksimalverdien målt av reseptorene på ca. 40 W/m^2 sammenliknet med lysstyrken som vil kunne treffe øyet hos en trafikant.

5 Konklusjon og anbefaling

Slik solkraftverket er designet i dag, vil det oppstå refleksjon fra solcellemodulene på trafikanter både i sørgående og nordgående retning. Både førere av personbiler og høyere kjøretøy som lastebiler, vil oppleve refleksjon. Refleksjonen varer på det meste i opptil en time, og dette inntreffer på morgenen om våren. Ingen refleksjon vil inntreffe fra oktober til februar.

I Norge har vi ikke har retningslinjer for hva som anses å være akseptabel (eller uakseptabel) refleksjon, hverken med hensyn til styrke, varighet eller hyppighet på refleksjonen. Det er dermed ikke konkludert med om den beregnede refleksjonen utgjør et problem eller en risiko, kun beregnet når refleksjon vil kunne oppstå og dens varighet.

Dersom man ønsker å ytterligere redusere refleksjon og/eller risiko for blending, kan flere alternativer være aktuelle i detaljprosjekteringsfasen. Tabell 3 viser en ikke uttømmende liste over mulige tiltak.

Tabell 3: Mulige tiltak for å redusere blendingsrisiko

Tiltak	Formål	Konsekvens
Benytte solcellemoduler med bedre antirefleksive egenskaper	Redusere blendingsrisiko	Dårligere produkttilgang og/eller dyrere installasjon
Legge en ekstra antirefleksiv film på solcellemodulene	Redusere blendingsrisiko	Dårligere energiproduksjon
Etablere skjerming mellom solcellemodulene og trafikantene	Eliminere blendingsrisiko	Mindre installasjonsomfang og mulig dårligere energiproduksjon
Endre orientering av solcellemodulene	Redusere blendingsrisiko	Dårligere energiproduksjon

Vedlegg

Vedlegg 1: Main result_Receptors facing north

Vedlegg 2: Occurrence sun angles_Receptors facing north

Vedlegg 3: Occurrence time_Receptors facing north

Vedlegg 4: Main result_Receptors facing south

Vedlegg 5: Occurrence sun angles_Receptors facing south

Vedlegg 6: Occurrence time_Receptors facing south