

Oppdrag	Dokumentasjon av refleksjon fra solceller	Dokumentkode	10253404-01-RISol-NOT-01
Emne	Konsekvensene av gjenskinn fra solcellepaneler installert i nærhet av vei, bane og lufthavn	Tilgjengelighet	Open
Oppdragsgiver	Solgrid AS	Oppdragsleder	Stanislas Merlet
Kontaktperson	Henning Leifsen	Utarbeidet av	Belisa Husanovic
Kopi	N/A	Ansvarlig enhet	10105030 Seksjon Sol og smart grid

Introduksjon

Denne rapporten er utarbeidet på forespørsel fra Solgrid AS, og har som mål å redegjøre konsekvensene av glimmer¹ og glimt² (heretter kalt gjenskinn) fra solcellepaneler installert i nærhet av vei, bane og lufthavn. Rapporten skal også vurdere de tiltak som evt. må iverksettes i for å forhindre gjenskinn.

¹ Gjenskinn over lenger tidsintervall

² Sterkt lys ved kort tidsintervall

00	14.09.2023		BH	TK / PL	SM
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

1 Teknisk bakgrunn

Solcellepaneler er spesifikt designet for å redusere refleksjon. Bakgrunnen for dette er at de elektrokjemiske egenskapene til solcellepanelene omdanner lys til elektrisitet. Solcellepanelene kan ikke produsere elektrisitet, dersom lyset som treffer panelene blir reflektert. Solcellepaneler blir dermed klassifisert som lysabsorberende, og ikke lysreflekterende [1] [2]. Selve glasset inneholder også en lav konsentrasjon av jern, hvilket også reduserer refleksiviteten. En rekke tiltak har blitt implementert for å minimere refleksjon og øke sollysets absorpsjon av solcellepaneler, inkludert økt overflatetekstur på glass og påføring av antireflekerende belegg.

2 Metodikk

Metoden som er benyttet for denne utredningen baserer seg på at det per i dag ikke foreligger norske retningslinjer eller krav knyttet til evaluering gjenskinn fra solcelleanlegg, nær luftfart, bane og vei. Det er derfor gjort vurderinger og datainnhenting fra eksisterende internasjonal faglitteratur og referanseprosjekter, med hensikt å identifisere mulige farer og utfordringer knyttet til solcelleinstallasjoner nær vei, bane og lufthavn.

Påvirkende variabler fra faglitteratur ble deretter identifisert og systematisk organisert ut ifra:

- a. Hvordan sammenlignes gjenskinn fra solcellepanel med gjenskinn fra andre kilder som direkte eller diffus innstråling fra solen, refleksjoner fra vann, refleksjoner fra vinduer og glass o.l.
- b. Kan paneloverflate påvirke refleksjonsgraden?

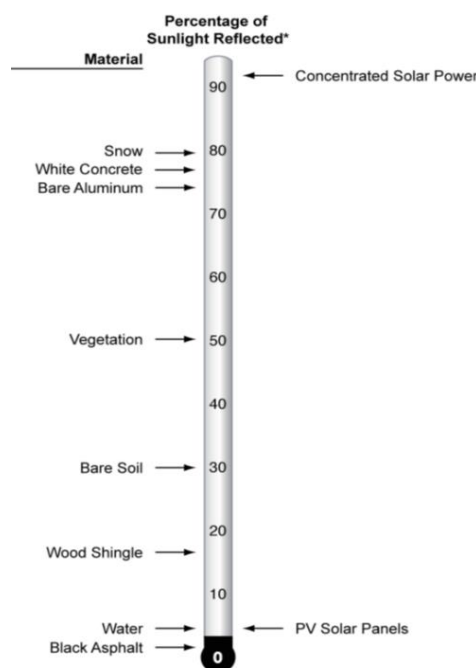
Avslutningsvis ble kvantitative og kvalitative resultater vurdert. Dette inkluderer en forståelse av mulige påvirkninger, lover og retningslinjer.

Effektene av blinding på mennesker som følge av lysinnstråling er blitt kvantifisert av kjente referanser. Blant disse er Metcalf et. al. med boken "Visual Recovery Times from High-intensity Flashes of Light" [3], og Ho et. al som forfattere av forskningsartikkelen "Metodikk for å vurdere mulige glimt- og blindingstrusler fra konsentrerte solkraftverk: Analytiske modeller og eksperimentell validering" [4]. Ho utviklet matematiske metoder for å kvantifisere mulig fare for at blinding kan forårsake øyeblikkelig og midlertidig blindhet. Ho's metode for å modellere blinding er per i dag bredt benyttet som underlag for en rekke analyseverktøy og modeller [5].

3 Resultatsammenligning og analyse

Intensiteten på gjenskinn fra monokrystallinske paneler har en refleksjonsgrad på om lag 2% mindre enn vann og vinduer, slik illustrert i Figur 1 [6]. Med hensyn til panelets vinkel, er det ifølge data innhentet fra U.S Department of Energy estimert refleksjon <5 % av sollys som treffer panelet vinkelrett. For paneler med vinkel >80 grader reflekteres >15% av innstrålingen. Alle målingene er innenfor akseptabelt nivå og ikke er innenfor et kritisk målingsområde for «mulig etterbilde» [7]. Overflatetekstur mht. refleksjonsgrad er også hensyntatt i Hos resultater, og viser at samtlige målinger befinner seg innenfor akseptabelt nivå [4].

Ved vurdering av gjenskinn nær luftfart, konstaterer et utkast til National Policy Statement i Storbritannia, seksjon 2.52.5: «Det finnes ingen bevis for at glans og blending fra solcelleanlegg på noen måte påvirker flynavigasjon, piloter eller flysikkerhet (...)» [8]. En studie gjort av Evan Riley konkluderer med at «Resultatene viser at potensialet for farlig blending fra flate solcellesystemer er likt det fra stille vann og forventes ikke å utgjøre en fare for luftnavigasjon» [3]. En utredelse gjort av National Renewable Energy Laboratory (NREL) konkluderer rapporten med at «(...) solcelleanlegg har en lav profil og potensial for å ha liten eller ingen innvirkning på flyoperasjoner (...) Det er tydelig at vellykket implementering av solcellesystemer avhenger av grundig planlegging (...), inkludert vurderinger av potensialet for glans og blending» [9]. I 2021 fjernet imidlertid Federal Aviation Administration (FAA) kravet om analytisk utredning ift. gjenskinn på amerikanske flyplasser uten kontrolltårn i USA [10].



Figur 1: Samenligning mellom ulike materials refleksjonsgrad i prosentandel [6]

Med hensyn til sikkerhet for bane og vei, blir det vektlagt sikkerhet mtp. førers evne til å orientere seg og lese omgivelsene. Plassering av solcelleanlegg nær vei og bane blir dermed evaluert i samme grad som skilting og signal, med hensyn til førers fart, synsfelt og synsvinkel, og førers mulighet til å lese skiltet [11]. Her vil individuelle og nasjonale standarder være gjeldene. Veiledning for hvordan evaluere omgivelsene for bane og vei i Storbritannia er utredet i «Solar Photovoltaic and Building Development Glint and Glare Guidance» [8].

4 Konklusjon

Den samlede konklusjonen er at gjenskinn fra solcelleanlegg ikke anses å ha en kritisk innvirkning på flytrafikk, bane eller vei. Det oppfordres imidlertid i enkelte tilfeller, som for eksempel ved flyplasser med kontrolltårn å foreta individuelle og faglige vurderinger med hensikt å redusere mulig risiko. De mest effektive tiltakene for å redusere effektene av gjenskinn fra paneler er definert som:

- Velge paneler med en grovere overflate og/eller antirefleksorisk film der det er ansett som fordelaktig. Evt. paneler som er spesiallaget for å ikke avgi gjenskinn.
- Skjerme panelene og/eller endre paneloppsett.
- Anvende sorte aluminiumsrammer for å øke lysabsorpsjon ytterligere.
- Der det vurderes som nødvendig er det mulig å benytte seg av prediktive modelleringsverktøy, som gir mulighet til å simulere forekomst av gjenskinn med hensyn til tid, geografiske og geometriske variabler, vinkel, azimuth osv. Disse kompetanseverktøyene gir mulighet til å designe anlegg nøye tilpasset trafikkmønstre, luftfartstrajektorier og naturomgivelser.

Referanser

- [1] S. Barrett og P. Devita, «Investigating Safety Impacts of Energy Technologies on Airports and Aviation,» National Academy of Sciences, Washington, 2011.
- [2] M. Day og B. Mow, «Research and Analysis Demonstrate the Lack of Impacts of Glare from Photovoltaic Modules,» National Renewable Energy Laboratory (NREL), 18 July 2018. [Internett]. Available: <https://www.nrel.gov/state-local-tribal/blog/posts/research-and-analysis-demonstrate-the-lack-of-impacts-of-glare-from-photovoltaic-modules.html>. [Funnet September 2023].
- [3] E. Riley og S. Olson, «A Study of the Hazardous Glare Potential to Aviators from Utility-Scale Flat-Plate Photovoltaic Systems,» *Hindawi*, p. 5, 2011.
- [4] C. K. Ho, C. M. Ghanbari og R. B. Diver, «Methodology to Assess Potential Glint and Glare Hazards From Concentrating Solar Power Plants: Analytical Models and Experimental Validation,» *Solar Energy Engineering*, 5 August 2011.
- [5] Sandia National Laboratories, «<https://www.sandia.gov/glare-tools/>,» Sandia National Laboratories, 2023. [Internett]. Available: <https://www.sandia.gov/glare-tools/>. [Funnet September 2023].
- [6] S. Barrett og P. Devita, *Investigating Safety Impacts of Energy Technologies on Airports and Aviation*, Washington: National Academies, 2011.
- [7] Ho et. al, «U.S. Department of Energy,» 1 July 2015. [Internett]. Available: <https://www.osti.gov/>. [Funnet 11 09 2023].
- [8] Pager Power, «Solar Photovoltaic and Building Development - Glint and Glare Guidance,» September 2022. [Internett]. Available: <https://www.pagerpower.com/wp-content/uploads/2022/09/Solar-Photovoltaic-Glint-and-Glare-Guidance-Fourth-Edition.pdf>. [Funnet September 2023].
- [9] A. Kandt og R. Romero, «Implementing Solar Technologies at Airports,» National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden CO, 2014.
- [10] D. Scrivener, «Pager Power,» 7 06 2021. [Internett]. Available: <https://www.pagerpower.com/news/important-changes-to-the-usas-faa-glint-and-glare-guidance/>. [Funnet 09 2023].
- [11] P. Redweik, C. Calita, F. Henriques og A. Rodrigues, «Solar Glare Vulnerability Analysis of Urban Road Networks—A Methodology,» *Energies*, 14 12 2019.