



Gudbjerg solcellepark genskinsanalyse

16. januar 2024

Klient: Rambøll

1. Opgave

Opgaven er at beregne eventuelle gener i form af genskin fra solcelleparken Gudbjerg med beregningsværktøjet ForgeSolar.

Der skal regnes på to hovedtilfælde:

1. Faste rækker med sydvendte (180°) paneler med 35° hældning.
2. Bevægelige rækker (N-S) med 1-akset tracking (uden backtracking).

1.1. Forudsætninger

- Solcelleanlægget udfylder næsten hele det reservede areal.
- Modulerne er antaget at være med glat overflade med antirefleksbehandling.
- Der er ikke indregnet nye afskærmende foranstaltninger.
- Der er ikke taget hensyn til eksisterende afskærmende elementer som bygninger eller beplantning.
- Industribygninger er ikke taget med som observationspunkt, kun boliger og specifikt udpegede punkter.
- Solcelleanlæg og observationspunkter samt veje(trafikanter) er antaget at have samme højde over terræn.

1.2. Placering

Følgende ortofoto af solcelleparken vist i Figur 1 er tilsendt af klienten:



Figur 1 - Ortofoto af solcelleparkens placering.

2. Beregningsmetode

Til at gennemføre beregningen bruges onlineprogrammet Forgesolar fra www.simsindustries.com. Programmet beregner, i hvilke perioder der er potentiel risiko for genskin/blænding forudsat at solen er fremme, der er således ikke taget højde for perioder med skyer. Forgesolar kategoriserer styrken af genskin i kategorierne grøn, gul og rød, hvor sidstnævnte er den stærkeste. En nærmere beskrivelse af metode og forudsætninger kan findes på www.forgesolar.com/help/#fp.

Tabeller med resultater er taget fra programudskrifterne som findes som bilag. *Annual green glare* er risikotidsrum for den mildeste grad af genskin og *annual yellow glare* er risikotidsrum for den mellemste grad. Bemærk, at hver kategori dækker over et meget stort lysstyrkeinterval, idet skalaen er logaritmisk.

De aktuelle tidspunkter på året og døgnet for de enkelte observationspunkter og veje er varierende og kan findes i bilag. De potentielt berørte områder er vist i det følgende. Industribygninger er ikke inkluderet, og der er ikke taget hensyn til eventuel afskærmning eller beplantning.



Figur 2 - Solcelleparken tegnet op i Forgesolar, med PV arrays, veje og observationspunkter.

Da området er stort, er beregningen delt op i 8 arealer som beregnes hver for sig og vurderes samlet m.h.t. genskin. Parken er tilnærmelsesvis delt op i et nordligt- og sydligt-felt. Nordlig: PV array 1-4. Sydlig: PV array 5-8.

Lakkendrupvej vest for anlægget samt Ørbækvej øst for anlægget er tegnet ind som turkise linjer, det samme gælder de med rødt markerede observationspunkter(OP).



De undersøgte observatørpunkter er:

Punkt (OP)	Adresse
1	Sønderballevej 18, 5892 Gudbjerg Sydfyn
2	Ørbækvej 258, 5892 Gudbjerg Sydfyn
3	Ørbækvej 256, 5892 Gudbjerg Sydfyn
4	Ørbækvej 253, 5892 Gudbjerg Sydfyn
5	Ørbækvej 251, 5892 Gudbjerg Sydfyn
6	Gryagervej 43, 5884 Gudme
7	Ørbækvej 252 & 250, 5892 Gudbjerg Sydfyn
8	Ørbækvej 249, 5883 Oure
9	Ørbækvej 244, 5883 Oure
10	Ørbækvej 245 & 247, 5883 Oure
11	Lakkendrupvej 51, 5892 Gudbjerg Sydfyn
12	Lakkendrupvej 46B, 5892 Gudbjerg Sydfyn
13	Lakkendrupvej 47, 5892 Gudbjerg Sydfyn
14	Knøsevej 5, 5892 Gudbjerg Sydfyn
15	Lakkendrupvej 41, 5892 Gudbjerg Sydfyn
16	Lakkendrupvej 37, 5892 Gudbjerg Sydfyn
17	Lakkendrupvej 34, 5892 Gudbjerg Sydfyn
18	Højlandsvej 6, 5892 Gudbjerg Sydfyn



3. Resultater

Der vises først resultater for de faste rækker og derefter bevægelige rækker med daglig tracking.

Antallet af risikotimer for hvert element vurderes ikke i absolutte tal, men i forhold til resultatet for hele parken.



3.1. Faste rækker:

Summary of Results Glare with potential for temporary after-image predicted

PV Array	Tilt	Orient	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy kWh
	°		min	hr	min	hr	
PV array 1	35.0	180.0	7,563	126.0	5,169	86.2	-
PV array 2	35.0	180.0	9,554	159.2	7,847	130.8	-
PV array 3	35.0	180.0	6,839	114.0	9,848	164.1	-
PV array 4	35.0	180.0	1,314	21.9	1,709	28.5	-
PV array 5	35.0	180.0	6,291	104.8	3,559	59.3	-
PV array 6	35.0	180.0	6,000	100.0	3,433	57.2	-
PV array 7	35.0	180.0	5,330	88.8	4,164	69.4	-
PV array 8	35.0	180.0	4,692	78.2	4,154	69.2	-

Total glare received by each receptor; may include duplicate times of glare from multiple reflective surfaces.

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	72	1.2	591	9.8
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 1	0	0.0	0	0.0
OP 2	1,138	19.0	1	0.0
OP 3	4,147	69.1	5,162	86.0
OP 4	2,751	45.9	6,210	103.5
OP 5	3,787	63.1	5,596	93.3
OP 6	7,549	125.8	1,914	31.9
OP 7	4,546	75.8	4,062	67.7
OP 8	3,223	53.7	2,034	33.9
OP 9	960	16.0	0	0.0
OP 10	0	0.0	0	0.0
OP 11	609	10.2	0	0.0
OP 12	2,693	44.9	708	11.8
OP 13	3,516	58.6	5,802	96.7
OP 14	9,422	157.0	1,308	21.8
OP 15	2,523	42.0	6,127	102.1
OP 16	0	0.0	0	0.0
OP 17	156	2.6	0	0.0
OP 18	491	8.2	368	6.1



Tabellen viser at der er genskinsgener fra alle PV arrays, men med forskellig størrelse. PV array 2 og 3 bemærkes at skille sig ud fra de resterende PV arrays, da de har et væsentligt større antal timer med gul genskin end de resterende PV arrays.

Yderligere viser tabellen genskin i grøn eller gul kategori for alle modtagere, undtagen OP: 1, 10 og 16 samt Ørbækvej. Derudover har OP: 2, 9, 11 og 17 kun genskin i grøn kategori.

For parkens samlede genskin er det OP: 3, 4, 5, 7, 13 og 15 som ligger i den relativt høje ende med over 50 timers gul genskin. Fordelingen af genskinstimer for punkterne ser ud som følgende:

Table 1 - Glare from each PV array to selected observation points, on hourly basis.

<i>PV</i> \ <i>OP</i>	3	4	5	7	13	15
1	-	19,8	6,8	-	-	43,4
2	23,4	50,2	26,9	-	-	22,7
3	34,1	33,5	38,4	-	-	36,0
4	28,5	-	-	-	-	-
5	-	-	-	5,9	41,1	-
6	-	-	-	9,6	23,2	-
7	-	-	-	25,6	19,4	-
8	-	-	21,1	26,6	13,1	-

Fra tabellen med punkter der ligger i den høje ende, tegner der sig et mere tydeligt billede her. Fra PV array 1-4 er der tale om gener enten morgen eller aften, og dette er punkter som ligger på samme breddegrad. Tilsvarende er det samme billede for array 5-8, hvor samme observationer gør sig gældende: generne herfra observeres fra punkter på omtrentlig breddegrad med PV felterne.

Genskinsgenerne på de 2 veje som ligger tæt på parken, vurderes at være af lille størrelse.

For uddybning af resultaterne kommer der herunder præsentation af fordelingen af genskinsgener fra de forskellige PV arrays.



For den nordlige del af parken er der følgende resultater:

PV: PV array 1 potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	0	0.0	0	0.0
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 4	1,165	19.4	1,186	19.8
OP 5	1,426	23.8	409	6.8
OP 14	1,475	24.6	969	16.1
OP 15	522	8.7	2,605	43.4
OP 3	1,232	20.5	0	0.0
OP 6	1,743	29.1	0	0.0

Figur 3 - Genskin fra PV array 1

Af Figur 3 ses, at det er OP15 som har den største risiko for et højt antal timer med genskin af gul kategori. De resterende punkter ligger forholdsvis lavt.

PV: PV array 2 potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	0	0.0	0	0.0
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 3	1,654	27.6	1,405	23.4
OP 4	1,178	19.6	3,015	50.2
OP 5	1,213	20.2	1,617	26.9
OP 14	1,766	29.4	78	1.3
OP 15	676	11.3	1,364	22.7
OP 18	491	8.2	368	6.1
OP 2	644	10.7	0	0.0
OP 6	1,776	29.6	0	0.0
OP 17	156	2.6	0	0.0

Figur 4 - Genskin fra PV array 2



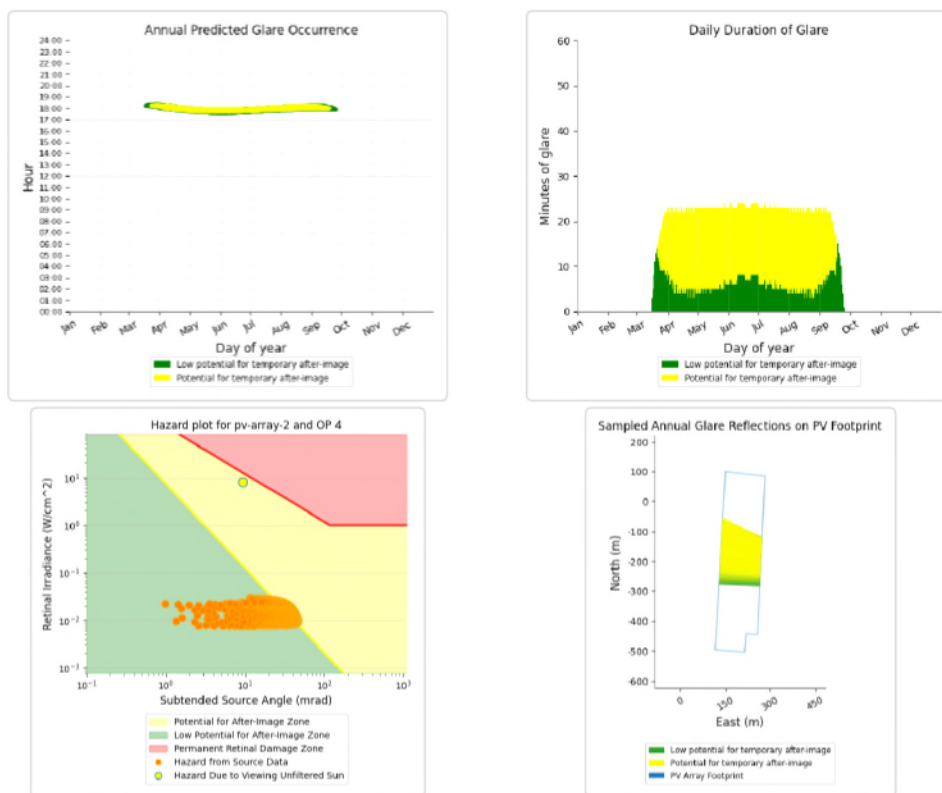
Af Figur 4 ses, at det er OP4 som har den største risiko for et højt antal timer med genskin af gul kategori, de resterende punkter ligger forholdsvis lavt.

Genskinsgener på OP4 fra PV array 2 er vist detaljeret i det følgende:

PV array 2 and OP 4

Yellow glare: 3,015 min.

Green glare: 1,178 min.



Figur 5 - PV array 2 og påvirkning på observatørpunkt 4.

Med henvisning til Figur 5, så benævnes i det følgende de to øverste grafer som A & B, nederste to er C & D;

- Viser at, OP4 kan opleve genskin fra marts til og med september. Om aftenen efter kl 17 og indtil kl 19 kan generne fremkomme.
- Her ses fordelingen af genskinnet's varighed over året. Varigheden er op til maksimum 25 minutter pr døgn og det er af marginalt større varighed midt på sommeren.
- Reflekteret lysstyrke som øjet modtager sammenlignet med solen selv (gul cirkel).
- Illustration af hvor på PV arrayet generne opstår, og hvor de største gener (gult genskin) er.



PV: PV array 3 **potential temporary after-image**

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	0	0.0	0	0.0
Oerbækvej	0	0.0	0	0.0
OP 2	339	5.7	1	0.0
OP 3	648	10.8	2,048	34.1
OP 4	379	6.3	2,009	33.5
OP 5	515	8.6	2,301	38.4
OP 6	999	16.6	1,271	21.2
OP 14	2,536	42.3	60	1.0
OP 15	1,300	21.7	2,158	36.0
OP 13	123	2.0	0	0.0

Figur 6 - Genskin fra PV array 3

Fra Figur 6 ses det at der er tale om 5 punkter som modtager alle genskins generne i gul kategori, og det 5. punkt (OP6) er af mindre størrelse end de resterende: OP 3, 4, 5 og 15 der ligger jævnt imellem 30 – 40 timer.

PV: PV array 4 **potential temporary after-image**

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	0	0.0	0	0.0
Oerbækvej	0	0.0	0	0.0
OP 3	613	10.2	1,709	28.5
OP 2	155	2.6	0	0.0
OP 4	29	0.5	0	0.0
OP 14	492	8.2	0	0.0
OP 15	25	0.4	0	0.0

Figur 7 - Genskin fra PV array 4

Fra Figur 7 ses det at er genskinsgenerne fra PV array 4 er i den lavere ende, men stadig til stede. Det er kun OP3 som er berørt fra PV array 4, med 29 timer.



For den sydlige del af parken er der følgende resultater:

PV: PV array 5 potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	0	0.0	30	0.5
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 7	1,729	28.8	354	5.9
OP 8	1,277	21.3	550	9.2
OP 13	442	7.4	2,465	41.1
OP 14	829	13.8	160	2.7
OP 6	523	8.7	0	0.0
OP 9	960	16.0	0	0.0
OP 12	531	8.8	0	0.0

Figur 8 - Genskin fra PV array 5

PV: PV array 6 potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	29	0.5	268	4.5
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 6	786	13.1	45	0.8
OP 7	1,447	24.1	575	9.6
OP 8	876	14.6	861	14.3
OP 12	998	16.6	252	4.2
OP 13	848	14.1	1,391	23.2
OP 14	894	14.9	41	0.7
OP 5	122	2.0	0	0.0

Figur 9 - Genskin fra PV array 6

Fra Figur 8 og Figur 9 fremgår det at PV array 5 og 6 primært er til gene for OP 13, relativt i forhold til de andre observatør punkter.



PV: PV array 7 potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	31	0.5	285	4.8
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 6	632	10.5	102	1.7
OP 7	790	13.2	1,535	25.6
OP 8	1,070	17.8	623	10.4
OP 12	1,125	18.8	456	7.6
OP 13	1,074	17.9	1,163	19.4
OP 14	608	10.1	0	0.0

Figur 10 - Genskin fra PV array 7

PV: PV array 8 potential temporary after-image

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
Lakkendrupvej	12	0.2	8	0.1
Oerbaekvej	0	0.0	0	0.0
OP 5	511	8.5	1,269	21.1
OP 6	1,090	18.2	496	8.3
OP 7	580	9.7	1,598	26.6
OP 13	1,029	17.1	783	13.1
OP 11	609	10.2	0	0.0
OP 12	39	0.7	0	0.0
OP 14	822	13.7	0	0.0

Figur 11 - Genskin fra PV array 8

Samlet set er genskinsgenerne fra hvert PV array i den lave ende for hele den sydlige del af solcelleparken. OP13 og OP7 er de punkter som summeret ligger relativt i den højere ende og får genskinsgener fra flere af PV arrays.



3.2. Bevægelige rækker (N-S) med 1 akslet tracking:

Summary of Results No glare predicted

PV Array	Tilt	Orient	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy
	°	°	min	hr	min	hr	kWh
PV array 1	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 2	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 3	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 4	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 5	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 6	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 7	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 8	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-

Figur 12 - Resultater fra PV arrays ved tracking

Beregningerne viser, at der ikke vil være genskinsgener ved 1-akset tracking uden backtracking.

Hvis der i stedet for simpel astronomisk tracking benyttes avanceret individuel tracking af rækkerne (med såkaldt backtracking) kan der ifølge tidligere analyser dog godt være flere problemer med genskin. Man kan få en nærmere forklaring på driftsstrategier på

<https://www.forgesolar.com/help/#pv-tracking>



3.3. Sammenfatning af alle resultater

Resultaterne viser, at det kun er ved faste rækker der er genskinsgener af gul kategori, alle PV arrays introducerer en vis mængde af genskinsgener, men der er overvejende fra PV array 1, 2 og 3 i nordlige del. Ved bevægelige rækker uden backtracking er der ingen gener fra hele solcelleanlægget, da lyset spejles opad mod himlen.

Hvorvidt de beregnede observatører i realiteten vil opleve gener, afhænger blandt andet af den bevoksning der findes i området og den der planlægges etableret. Der synes for eksempel at være lidt læhegn og andet imellem marker og ud til veje. Men hvorvidt dette kan indgå som skyggende foranstaltning kan ikke vurderes ud fra satellitfoto. Beregningerne må derfor aldrig stå alene, men bør følges op med visuel inspektion, hvis der skal tages hensyn til læhegn og andre elementer.

Med simpel tracking (uden backtracking) viser beregningerne, at det er muligt helt at undgå genskin på de beregnede områder. Fordelen ved simpel tracking forudsætter naturligvis at de aktive systemer virker hele tiden, så solcellerækkerne ikke bliver parkeret i en uheldig position.

4. Bilag:

Udskrifter fra Forgesolar.