



Udgør solcelleanlæg en risiko for grundvandet?

Natur & Miljø Konference 2024: Spor A: Grund- og drikkevand

Anne-Sofie Svendsen & Ulla Lyngs Ladekarl, AAK Grundvandsbeskyttelse

AARHUS
KOMMUNE



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Introduktion

Aarhus Kommune Grundvandsbeskyttelse har arbejdet med potentiel afsmitning fra solceller siden 2022

”Det handler ikke om at have ret – det handler om at blive klogere”

- OPSAMLING AF NUVÆRENDE VIDEN - *Fie*
- RISIKOVURDERING & MILJØKONSEKVENSVURDERING - *Ulla*



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

Fotovoltaisk enhed

Fotovoltaisk effekt

- ”Sandwich” princip
- Parkanlæg modulær opstilling

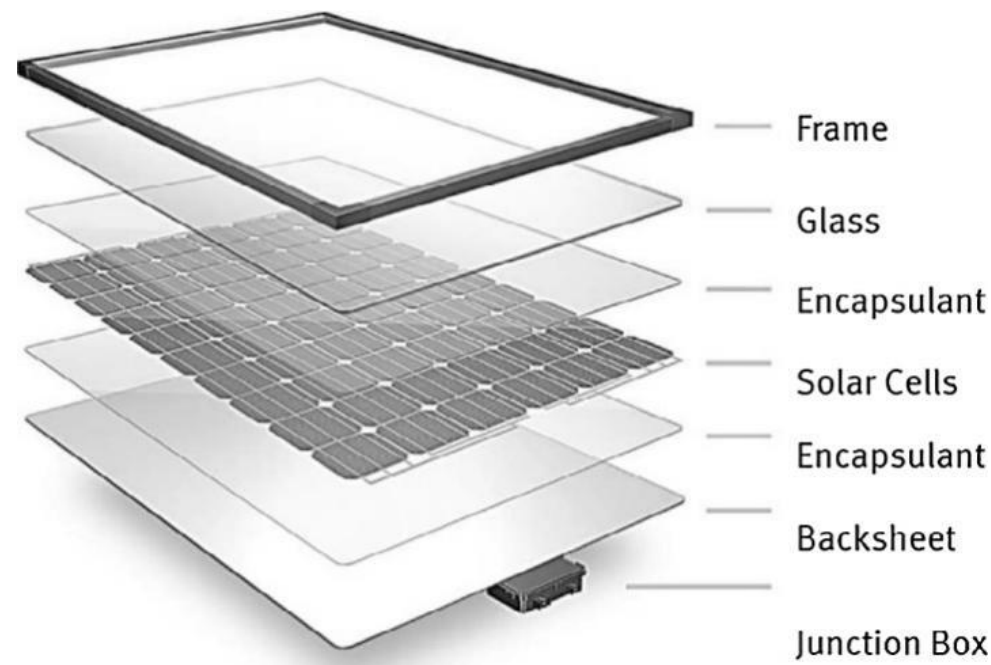


Illustration: Quan et al. (2022). A Review of Dust Deposition Mechanism and Self-Cleaning Methods for Solar Photovoltaic Modules. Coatings. 13. 49. 10.3390/coatings13010049



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

PFAS i solceller?

EUs kemikalie Agentur (ECHA) 2023:

*“For PFASs in durable articles like painted/coated articles... **solar panels**, etc. there is a long use phase in between production and waste stage. These articles are **a potential long-term source of emissions to the environment e.g. through wear and tear.**”*

- PFAS hjælpemiddel kan udvaske fra artikler –f.eks. Lohmann *et al.* 2020
- ”Erstatnings-PFAS → ”GenX (HFPO) i stedet for PFOA i fluorpolymer
Laboratorieforsøg indikerer sundhedsskadelig påvirkning -se Lerner. 2016



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Mulig afsmitning?

Glasmatrice

- Hovedsaligt siliciumdioxid SiO₂ – hærdet glas

PFAS-stoffer kan anvendes under fremstilling, men nedbrydes -IPU. 2020

VE-Rejseholdet: Kolding/DTU Sustain/Better Energy (2023): test af 22PFAS – fund af PFHxA

Værdier aftager for hvert swipe (15 i alt)

Coating

- Nanofilm anti-smuds coating typisk af fluorpolymer

Ikke nomen i Danmark med coating pga. nedbørsraten

Forhandlere til private ”reklamerer” med selvrensende glas



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionboks,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Mulig afsmitning?

Celleindkapslingsmateriale

- Typisk EVA

PFAS kan anvendes under produktion → indkapslet -IPU. 2022

Brand → ufarlige stoffer -TI. 2019

Elektroniske dele

Muligt PFAS fra flusmiddel fra cellelodninger – afrenses -IPU. 2022

PFAS i klæbemiddel som tilføjes cellerne -Glüge *et al.* 2020

Indkapslet mellem glasmaticen



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionboks,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Mulig afsmitning?

Plastbagside

- Typisk termoplast PVC, PET eller fluorpolymer

PVC: Fuldstændig forbrænding af PVC → vand, saltsyre og CO₂

Ufuldstændig forbrænding af PVC → giftige dioxiner

- kan teoretisk migrere til vandførende jordlag –TI. 2019

PET: PFAS-fri → nedbrydes hurtigere men dårligere holdbarhed

Bagsidefolier af PVF eller PVDF → giftige HF-gasser ved brand

Modulramme

- Aluminium

Usandsynlig PFAS er anvendt -IPU. 2020

Fugemasse → PFAS-rester og biocider



Mulig afsmitning?

Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Stativ

- Galvaniseret stål

Zink har langsom overfladeforvitring

Vurderes som uvæsentlig for grundvand -TI. 2019



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

**Junctionbokse,
invertere og kabler**

Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Mulig afsmitning?

Junctionbokse

- Plast

PFAS-rester på åbninger, pakninger o.l

→ i princippet udvaske over tid -IPU. 2020

Invertere

- Metalindkapslet

Risiko for regnvand indtrængning → korrosion –DANVA. 2024

Kabler

- Typisk kobber

Risiko for udvask ved manglede oprydning efter brand

- Kabelovertræk – typisk XLPE



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionbokse,
invertere og kabler

Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Mulig afsmitning?

Transformerstationer

- Indeholder olier og syntetiske inhibitorer

Grube opsamler evt. olielæk

Man kan umiddelbart ikke sammenligne data for afsmitningsrisiko for ældre elværk transformerstationer med nye elværk transformerstationer –RVM. 2023 (pers. kom.)



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Regulering af stoffer

EU REACH forordningen af 1. juni 2007	Mål at regulere og sikre forsvarlig anvendelse af (alle) kemiske stoffer
EU WEEE-direktivet, efter BEK. nr. 148 af 08/02/2018 / BEK. Nr. 1566 af 19/12/2022	Forsvarlig affaldshåndtering af elektronisk og elektrisk udstyr
Solceller beregnet til store anlæg er <u>ikke</u> medtaget i EU RoHS-direktivet efter BEK nr. 1276 af 25/08/2022 MST, 2024	Formål at begrænse brugen af en række tungmetaller m.v., i elektroniske og elektriske enheder



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionbokse,
invertere og kabler

Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Regulering af stoffer

Ingen oplysningskrav på PFAS i solceller!

- EUs kandidatstofliste $>0,1\%$ (vægtprocent) → *har oplysningspligt*
pt. 13 PFAS ud af ca. 12.000
- Total mængde fluor → *ingen oplysningspligt*
evt. som vilkår?



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Rengøring og vedligehold

- I udgangspunktet ikke nødvendigt at rengøre paneler

Partikelophobning → forringet energioptag

Rengøring med opsamlet regnvand

Behov for specialudviklede sæber?

Krav om pesticid- og kemikaliefrie produkter



Foto: Svendsen, A. 2023



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Brand

Årsager til brand

- Selve modulet -TÜV *et al.* 2018
- Naturbrande → størst risiko for skade -TI. 2019

Generelt lav risiko – men mulige underrapporteringer? f.eks. BRE. 2018 og FireTrace International. 2020

Forskel på risiko mellem private anlæg vs. parkanlæg



Ødelagte celler

Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC



Nebraska, USA. 2023. Foto: GenPro Energy Solution

<https://www.renewableenergyworld.com/solar/solar-farm-pelted-by-giant-hail-as-severe-storm-ripped-through-nebraska/#gref>

Engel, J. 2023

Årsager til ødelagte/knuste celler

- Opsætning
- Voldsomt vejr

Elektronisk overvågning



Risikovurdering

Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionboks, invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-konsekvensvurdering

Krav – KTC

Interesseafvejning:

- Er der grundvandstruende stoffer?
- Hvilken fare udgør tiltaget?



- Er området udpeget som
 - OSD
 - Sårbart/NFI
 - indvindingsopland
 - 300 m zone
 - BNBO
- Hvad kan tåles?
- Aktiv grundvandsbeskyttelse?



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler

Stativ

Junctionbokse,
invertere og kabler

Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Risikovurdering – foreløbig KTC

Risikovurdering af afsmitning/lækage fra materialer og installationer i forhold til den konkrete placering af anlægget.

Grundvandets sårbarhed, kvalitet og kvantitet vurderes.

Er der aktiv grundvandsbeskyttelse?

BNBO – hurtig transporttid og omsætning/tilbageholdelse er reduceret



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

**Screening/miljø-
konsekvensvurdering**

Krav – KTC

Screening/miljøkonsekvensvurdering

Energianlæg, herunder solenergianlæg fremgår på bilag 2 punkt 3 i Lov om miljøvurdering, og skal derfor screenes for risikoen for væsentlig miljøpåvirkning, og i mange tilfælde gennemgå en miljøkonsekvensvurdering.

En miljøkonsekvensvurdering består af flere faser. Kommunerne er VVM-myndighed og har følgende roller i processen:

1. **Ansøgning om VVM**
Kommunen indgår i en dialog med projektudvikler om ansøgningsmaterialet og vurderer om det lever op til §19 stk. 2 (inkl. bilag 5). Dette sker på baggrund af en intern forundersøgelse, som involverer relevante fagligheder.
2. **Afgrænsning af miljørapporten**
Kommunen skal afgive en udtalelse om, hvor omfattende og detaljerede de undersøgelser skal være, som projektudvikler skal fremlægge i miljørapporten.
3. **Gennemgang af miljørapporten.** Når projektudvikler har skrevet miljørapporten, gennemgår kommunen rapporten
4. **§25-tilladelse med vilkår**
Kommunen skal træffe en afgørelse om en ansøgning kan imødekommes. Kommune kan stille vilkår for tilladelsen med henblik på opfyldelse af lovens formål.



Indhold

Introduktion

Hvad er solceller og solcelleanlæg?

PFAS i solceller?

Mulig afsmitning?

Moduler
Stativ
Junctionbokse,
invertere og kabler
Transformere

Regulering af stoffer

Rengøring og
vedligehold

Brand

Ødelagte celler

Risikovurdering

Risikovurdering - KTC

Screening/miljø-
konsekvensvurdering

Krav – KTC

Krav –foreløbig KTC

Krav om undersøgelser og dokumentation for ingen PFAS i paneler inden opstilling

Regelmæssig inspektion og vedligeholdelse af panelerne for at sikre, at de ikke er beskadigede.

Hurtig udskiftning eller reparation af beskadigede paneler for at forhindre forurening.

Krav til olietype og indhold af tilsætningsstoffer i transformerolie, såsom antioxidant og deres nedbrydningsprodukter.

System til opsamling af lækage, tætte opsamlingskar og sikker bortskaffelse af opsamlet olie.

Distributionstransformere skal etableres i teknikhuse.

Der skal etableres hegn omkring teknikområdet.

Krav om pesticid og kemikaliefri pleje af areal

Solceller rengøres med regnvand

Solceller må ikke etableres indenfor BNBO



Tak for opmærksomheden...

KILDER:

BRE National Solar Center. 2017. Fire and solar PV systems. Issue 3.4. [Fire incidents involving solar panels - GOV.UK \(www.gov.uk\)](#)

DANVA. 2024. Notat. Vedr.: Solceller og Grundvand

ECHA Annex XV Restriction Report (European Chemicals Agency). 2023. Annex XV Restriction Report. Proposal for a Restriction. Version Number 2. Annex XV reporting format 040615 (europa.eu)

Firetrace International. 2022. HIDDEN DANGER Why solar farm fire risk could be greater than you think. [Report | Why Solar Farm Fire Risk Could Be Greater Than You Think \(firetrace.com\)](#)

Glüge et al. 2020. An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Environ. Sci.: Processes Impacts. 22. [An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances \(PFAS\) - Environmental Science: Processes & Impacts \(RSC Publishing\)](#)

IPU. 2022. Mulig udvaskning af PFAS-stoffer fra solcellepaneler. Rekvirent European Energy

Lerner, S. 2016. New Teflon Toxin causes cancer in Lan Animals. [DuPont's New Teflon Toxin – The Intercept](#)

Lohmann et al. 2020. Are Fluoropolymers Really of Low Concern for Human and Environmental Health and Separate from Other PFAS? s: Environ. Sci. Technol. 54. [Are Fluoropolymers Really of Low Concern for Human and Environmental Health and Separate from Other PFAS? | Environmental Science & Technology \(acs.org\)](#)

MST, 2024: <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/regler-og-handlingsplaner/faktaark-om-kemikalierereglerne/faktaark-elektrisk-og-elektronisk-udstyr-rohs-bekendtgørelsen>

RVM. 2023. Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressourcer omkring forureningsrisici af moderne transformeralæg (pers. komm.)

TI (Teknologisk Institut). 2019: Solcelleparker over drikkevandsområder - Risikovurdering. [bilag_3_-_bilag_3_rapport_fra_teknologisk_institut.pdf \(svendborg.dk\)](#)

TÜV et al (2018). Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization. German original second edition 2015 [Kochbuch PV-Brandschutz \(energy.gov\)](#)

