



PV panelen door het oog van de brandweer

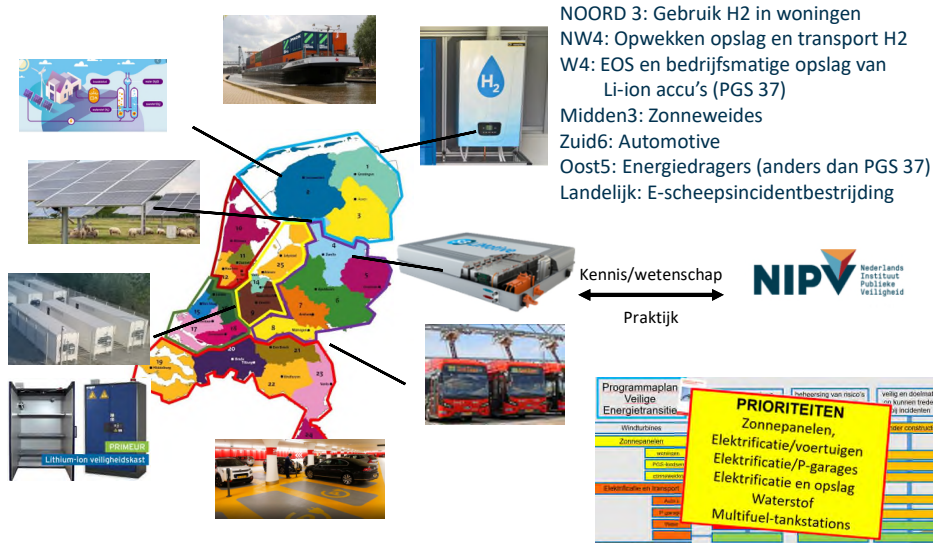
5 April 2023

Folkert van der Ploeg

Namens COP zonnepanelen

1

Structuur landelijk programma: districtsgewijze aanpak



2

Wat doen we als?



3

3



4

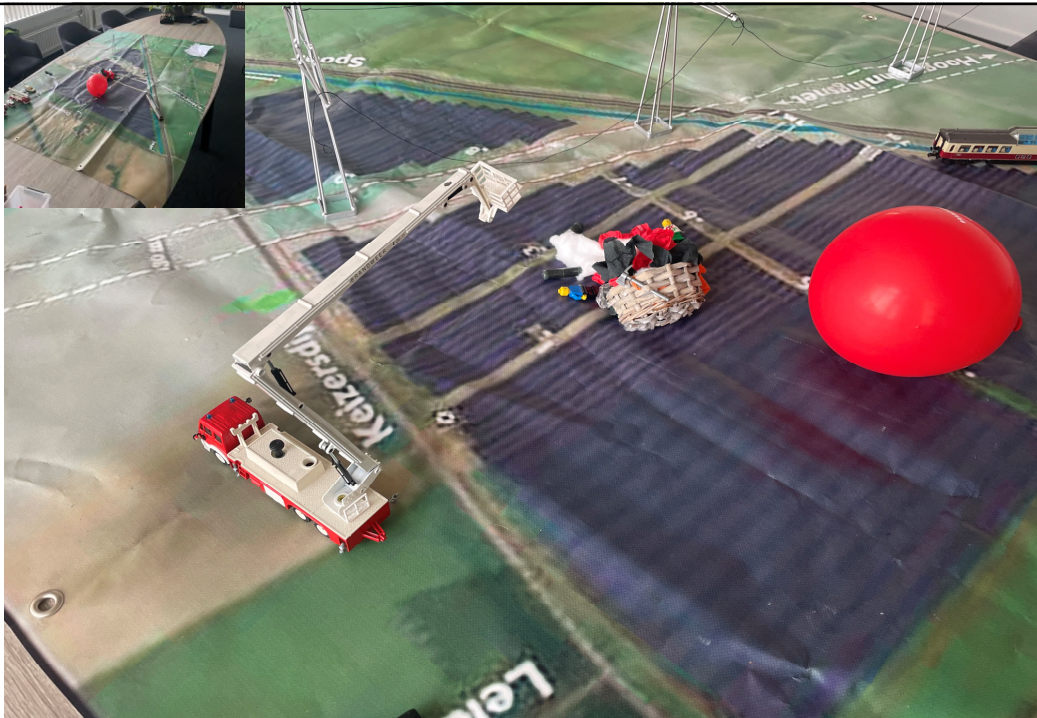


4



5

5



6

6



7

Aandachtskaart 11001		Zonnepanelen
Versie 3.1 d.d. 17-10-2021	Pagina 1 van 3	
1* aandachtspunten/ Handlingsperspectief		
Handlingsperspectief bij brand 1. Verken incidentlocatie en kies een inzetactiek (binnen, buiten, offensief, defensief) 2. Bij een binneninzet: schakel de meterkast indien mogelijk uit. Let op loshangende bedradingen rondom omvormer en dak, raak deze niet aan. Met een droog bluspak en droge blushandschoenen ben je in voorkomende gevallen al wel voldoende beschermd tegen gevaar van elektrocutie. 3. Bij een buiteninzet: blussing van de zonnepanelen. Let op vallende delen ten gevolge van de brand. 4. Hantereer altijd de volgende afstanden: blussen van spanningsvoerende delen (zonnepaneel, bedrading, omvormer): bij sproeistraal min. 0.5 meter afstand en met gebonden straal min. 1 meter afstand <i>Let op: ga ervan uit dat er altijd spanning op de zonnepanelen staat.</i>		
Algemeen		
Diversen vormen en afmetingen mogelijk: • Verwerkt in het dak of op het dak. • Alternatieven - geluidswal. - Verwerkt in gevelbekleding. - Zonneparken (met trafohuisje). • Aantallen zonnepanelen: - Kleinschalige toepassing > particulier > kleine bedrijven > niet zijnde industrieel te verwachten spanning max. 1000V. - Grootschalige toepassing > b.v. zonneparken > bedrijven met grote aantallen panelen op het dak > industriële toepassing Spanning mogelijk tot 1500V. • Bij grote aantallen gekoppelde panelen moet aan de installatie worden gedacht zonder deskundigheid. Uitschakelen kan altijd i.o.m. beheerder/netbeheerder • Zonnepaneel maakt altijd onderdeel uit van een groter systeem (bekabeling, omvormer, meterkast en eventueel Elektrisch Opslag Systeem (EOS)). • EOS is opslag d.m.v. accu's		
Veilig opsteden		
• Beschadigde, gesmolten, vallende of loshangende panelen kunnen onder spanning staan. Let op met natte kleding en handschoenen. Een droog bluspak met droge blushandschoenen geven voldoende bescherming, indien gewenst 1000V geïsoleerde handschoenen gebruiken. • Kans op vlambogen door kortsluiting, wegbranden, demonteren bekabeling of knippen van bekabeling. • Gebruik standaard ademlucht, 1000V handschoenen en een geïsoleerde kabelschaar geschikt voor min. 1000V AC en 1500V DC i.v.m. vonkvorming of vlambogen. • Glasbreuk geeft kans op snijwonden. • Zonnepanelen komen ook voor in combinatie met zonnecollector (warmwater systeem > 70 graden Celsius). • Een hybride omvormer is gekoppeld aan een accu die in sommige gevallen bij het uitschakelen van de meterkast de omvormer blijft voeden, het systeem blijft dan in bedrijf!		

BRANDWEER

Gevaarlijke situaties	
• Volg processchema op pagina 3 (voor o.a. uitschakelen systeem) • Als het niet noodzakelijk is, geen panelen verwijderen en geen connectoren losrekken of doorknippen.	
Scenario BRAND • Schakel systeem daarna uit (groepenkast en bij omvormer) • Gebruik sproeistraal of gebonden straal door te "waaiëren" (Een sproeistraal geleidt geen stroom en een gebonden straal valt op 1/3 van zijn worplengte uiteen en geleidt dan ook niet meer) • Gebruik standaard ademluchtbescherming en volg procedure arbeidshygiëne. • Is slopen noodzakelijk? Zie scenario HV >	Scenario HV Borgen/ verwijderen zonnepanelen • Verwijderen panelen bij kleine aantallen zonnepanelen of tot 1000V: Schakel het systeem uit (hoofdschakelaar, omvormer en eventuele tussentijdse schakelaars). Gebruik standaard ademlucht, droge PBM's en eventueel 1000V handschoenen. De connectoren kunnen losgekoppeld worden met speciaal gereedschap of de kabels kunnen worden doorgesneden met een daarvoor geschikte kniplang. Verwijderen panelen bij grote aantallen zonnepanelen: raadpleeg eerst (bedrijf) deskundige (i.v.m. grotere vermogens tot wel 1500V DC) voor juiste PBM's. Schakel het systeem uit. Gebruik standaard ademlucht en droge PBM's, 1000V handschoenen. De connectoren kunnen losgekoppeld worden met speciaal gereedschap of de kabels kunnen doorgesneden worden met een daarvoor geschikte kniplang. Bij toegang verschaffen tussen zonnepanelen > de bekabeling van panelen stuk voor stuk doorknippen (=klein maken van incident) • Grotere kabeltraal's in geen geval knippen i.v.m. hoge stromen > tot wel honderd ampère of meer. Deze zijn te herkennen aan dikere kabels dan normaal en door de combibekabelingen (schakelkasten waar verschillende stringen zonnepanelen samenkomen).
Nazorgfase: Houdt rekening met herontsteking. Laat het object veiligstellen. Zorg voor veiligheidsoverdracht aan Salvage-eigenaar.	

Aandachtskaarten

8

Handreiking Risicobeheersing

ADVIES VEILIGE PV-SYSTEMEN



In dit document wordt nader ingegaan op de PV-systemen en de brandpreventieve maatregelen die toegepast kunnen worden.

Handreiking

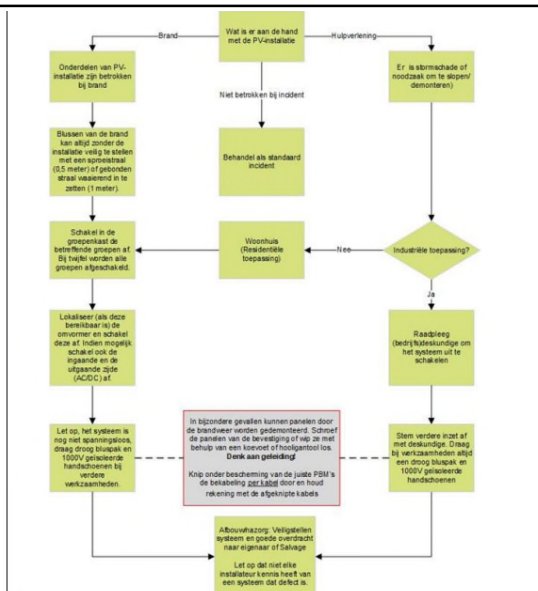
INCIDENT-BESTRIJDING ZONNEPANELEN



In deze handreiking wordt informatie gegeven over de opbouw van een PV-installatie en de wijze van benaderen in geval van een calamiteit.

9

9



10

Document:	A_11001_00_V3_1_zonnepanelen	@ ARO Oost 5
Opgesteld:	Community of practice (COP) zonnepanelen van het IFV	Disclaimer: Aan deze informatie kunnen geen rechten ontleend worden en heeft uitsluitend een informatief karakter.



10

Risico = Kans x effect



Brand zonnepanelen verwoest dak woning

Toegevoegd: 16-06-2018, 14:57 uur - Update: 16-06-2018, 16:34 uur



Zonnepanelen in brand aan het
brandweerhaarleemst.nl



Foto: Raad van Bestuur
www.ingepanelen.nl



Broodje aap verhalen zonnepanelen
greenem.nl

ar bij zonnepanelen
nnepanelen.nl



Brand in woning in Lemelerveld door zonnepanele...
youtube.com



shoek - Zonnepanelen veroorzaken 'm...
erlanden.nl

11



12



13



14

Gat +/- 10x5 cm

BRANDWEER



15

BRANDWEER



16



Op de scheiding van het bedrijfsverzamelgebouw



 **BRANDWEER**



17



18

18

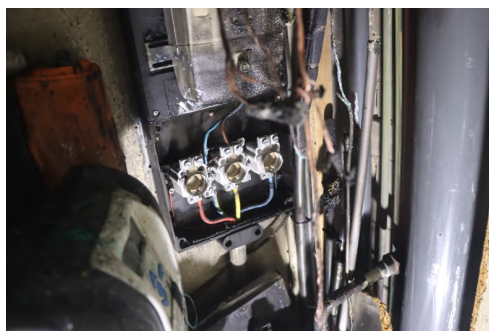
Wierden



19

19

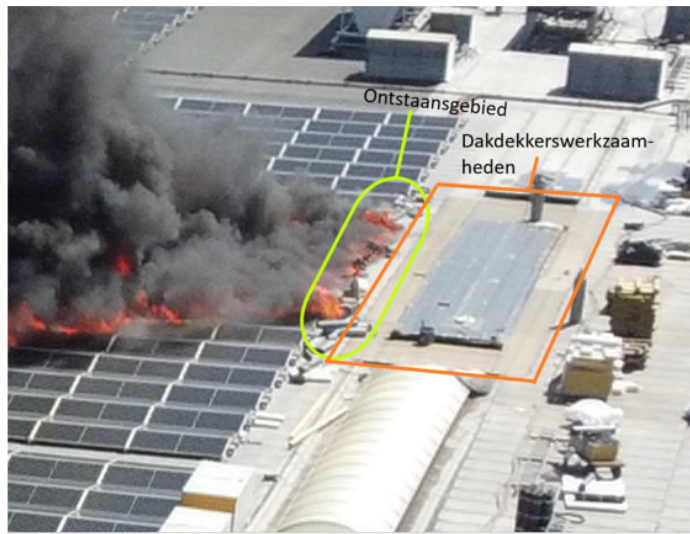
BRANDWEER



Brand ontstaan in de meterkast achter de groep van de zonnepanelen

20

20

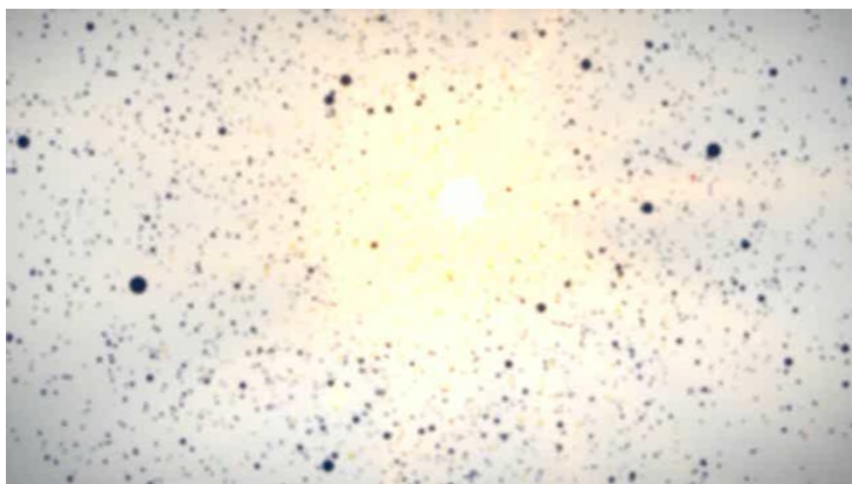


1. Ontstaansgebied en dakdekkerswerkzaamheden

Bron: K. van der Iest

21

21



22

BRANDWEER



Bemmel

23

BRANDWEER



24

24



Pull out force: 454N
Gas tightness
Long-term durability

Demand of IEC 60352-2:
pull out force (4mm²) >310N



Pull out force: 94N
No gas tightness
→ corrosion, danger of electrical shock & fire

25

25

Warmteontwikkeling in draden en overgangen

Branden kunnen ontstaan door verkeerd geïnstalleerde electradraden. In dit onderzoek worden Simulink modellen gemaakt voor verschillende situaties met electradraden. Er zullen aan de hand van resultaten aanbevelingen worden gedaan over het gebruik van electradraden.

Silke Leenstra & Anne van Soest
Studenten Saxion Hogeschool (2020)

In opdracht van F. van der Ploeg

26

26

Simulink

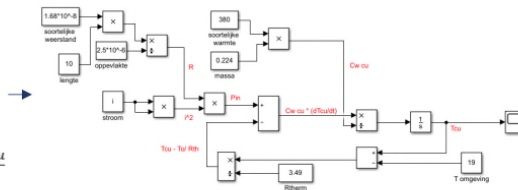


$$P_{in} = I^2 \cdot R$$

$$P_{uit} = \frac{T_{Cu} - T_0}{R_{therm}} = P_{in} \text{ omgeving}$$

$$P_{in} - P_{uit} = C_{w cu} \cdot \frac{dT_{Cu}}{dt}$$

$$P_{in} - \left(\frac{T_{Cu} - T_0}{R_{therm}} \right) = C_{w cu} \cdot \frac{dT_{Cu}}{dt}$$



Figuur 3: differentiaalvergelijking omgezet naar Simulink basismodel

- ▶ Toetsen van het model aan de hand van experimenten



Figuur 5: de twee stekkers, boven de verouderde en daaronder de nieuwe en schone stekker

27

27

Situatie I – schone stekker

Geleverde I (A)	Gemeten U (V)	Berekende R (Ω) R = U / I
10	0,26	0,26 / 10 = 0.026
16	0,46	0,46 / 16 = 0.028
Dit geeft een gemiddelde weerstand van (0.026 + 0.028)/2 = 0.027 Ω		
R _{overgang} = R - R _{elektrisch} Dit geeft R _{overgang} = 0.027 - 0.1913 = 0.00787 Ω		

Tabel 1: resultaten en berekeningen experiment I situatie I: schone stekker

Situatie II – verouderde stekker

Geleverde I (A)	Gemeten U (V)	Berekende R (Ω) R = U / I
10	0,35	0,35 / 10 = 0.035
16	0,52	0,52 / 16 = 0.033
Dit geeft een gemiddelde weerstand van (0.035 + 0.033)/2 = 0.034 Ω		
R _{overgang} = R - R _{elektrisch} Dit geeft R _{overgang} = 0.034 - 0.1913 = 0.01487 Ω		

Tabel 2: resultaten en berekeningen experiment I situatie II: verouderde stekker

- ▶ Veroudering van stekker/connector
- ▶ Verdubbeling van de elektrische weerstand
- ▶ Derrate klein verschil met zeer geringe warmte ontwikkeling (bij deze veroudering/experiment)

28

28

NDWEER

- ▶ Afdedekte draad
- ▶ $R_{th} = \Delta T / P_{in}$
- ▶ Verdubbeling van de thermische weerstand

Stroom (A)	Begin ΔT (°C)	Midden ΔT (°C)	Eind ΔT (°C)
10	17,8	18	18,2
16	49,5	54	51,5
24	102,0	134,9	138,7

Tabel 3: gemeten temperatuurverschillen op de drie meetpunten in de draad bij experiment II



Figuur 9: gesmolten vinyl en blootgestelde kern tweelingsnoer tijdens experiment II



Figuur 7: opstelling experiment II: bepaling thermische weerstand bij totale isolatie

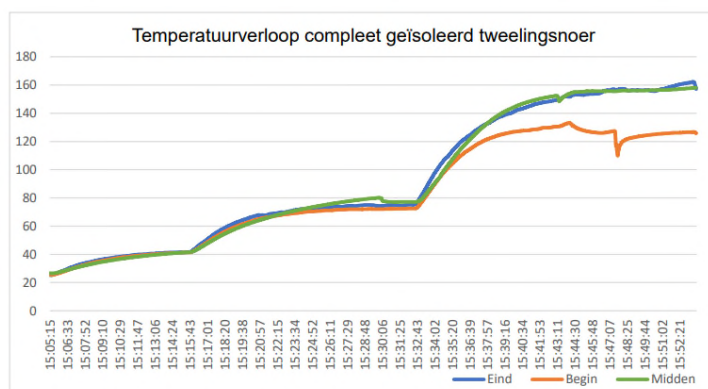
Stroom (A)	R_{th} Midden (K/W)	R_{th} Eind (K/W)
10	4.030	4.075
16	4.723	4.504
24	5.244	5.39

Tabel 4: berekende thermische weerstanden op basis van resultaten experiment II

29

29

BRANDWEER



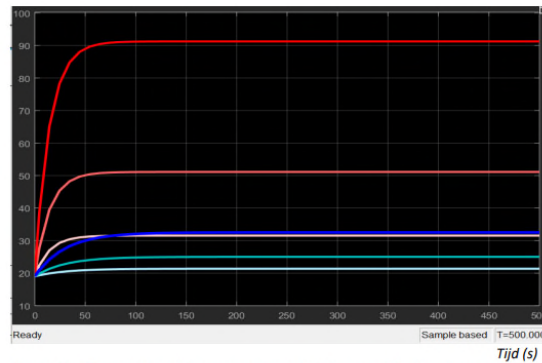
Figuur 26: temperatuurverloop van een compleet geïsoleerd tweelingsnoer uit experiment II

- ▶ Grafiek van een van de experimenten met opgevoerd vermogen van 10,16 en 24 A

30

30

- Blauw 10m enkele ader 0,75mm²
- Rood 10 m dubbele ader 2x0,75 mm² (tweelingsnoer)

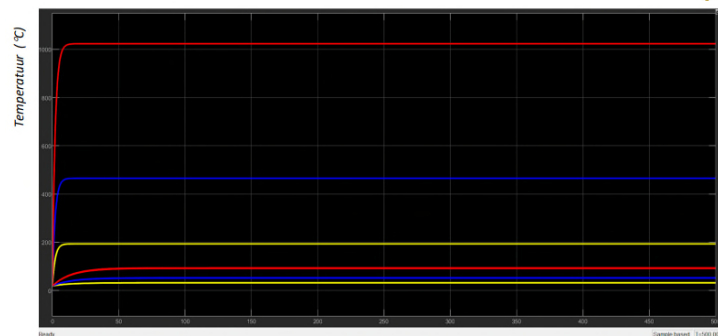


Figuur 10: 10m enkeldraad is weergegeven in het blauw en 10m tweelingsnoer in het rood: felrood 24A, rood 16A, lichtrood 10A. Felblauw 24A, blauw 16A lichtblauw 10A

- ▶ De tijdsduur waarin de eind temperatuur wordt bereikt is afhankelijk van de thermische weerstand en de warmtecapaciteit
- ▶ De stroomhoeveelheid (ampere) heeft enkel invloed op de hoogte van de eind temperatuur

31

31



Figuur 13: Wandcontactdoos met overgangsweerstand 0,5 ohm. Van boven naar beneden: rood; WCD bij 24A, WCD 16A, geel; WCD 10A, rood; draad bij 24A, blauw; draad bij 16A, geel; draad bij 10A.

- ▶ Bij een overgangsweerstand van 0,5 Ohm in een connector/stekker loopt de temperatuur bij 24 A op naar 465,4 graden Celsius
- ▶ Bij 10 A, 194 Graden Celsius

32

32

Depositie

- ▶ NIPV 2020
Vooronderzoek depositie bij branden met zonnepanelen
- ▶ NIPV 2021
Depositie bij branden met zonnepanelen
- ▶ RIVM-MOD 2022
Schadelijke stoffen bij branden met zonnepanelen

33

33

De volgende informatie over depositie
is van het RIVM-MOD (milieu ongevallen dienst)



34

Het volledige rapport is te downloaden op de site van het RIVM

34



35

35

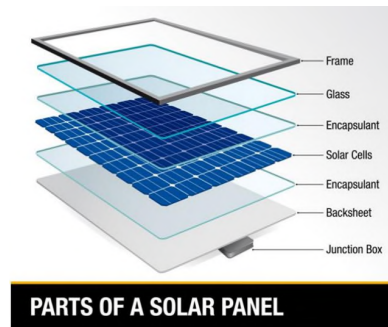


36

36

Zonnepanelen

- ▶ 9 verschillende types
 - Polykristalijn
 - Monokristalijn
 - Dunne film
- ▶ Constructie
 - Glas-glas
 - Glas folie



37

37

Meetpunten

- ▶ Open lucht
- ▶ Besloten ruimte



38

38

- Grote verschillen in tijdsduur waarbinnen panelen mee branden

-Glas-folie 7-120 sec

-Glas-glas 120-240 sec



39

39

Depositie chemisch

- Verhoogde loodwaarden bodem(20-40ug/m2)
- Sporen van metalen
- Verhoogde PAK (groot verschil bij wel/geen rookcontact)
- Bij branden in de praktijk zullen de normen(door alleen zonnepanelen) niet worden overschreden



Tabel 3-5 Hoogste concentraties van een aantal metalen tijdens de brandexperimenten in besloten ruimte, uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Exp.	Soort zonnepaneel	Lood ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Koper ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aluminium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Andere elementen*
1	Dunne film	11	20	39	1018	Cl, P, S, Sb, Ti
2	Polykristallijn	488	123	57	277	P, S, Sb, Ti
3	Monokristallijn	42	11	7	231	(Cl, P, Ti)
4	Monokristallijn	327	56	70	147	Cl, P, S
5	Monokristallijn	222	78	88	160	Cl, P, S, Sb, Ti
6	Monokristallijn	438	233	53	64	Cl, P, S, (Ti)
7	Polykristallijn	495	163	17	140	Cl, P, S, Ti
8	Polykristallijn	1486	352	62	473	Cl, P, S, Sb, Ti
9	Dunne film (Cd-Te)	95	15	4	56	(Cl), P, S

* Cl = chloor, P = fosfor, S = zwavel, Sb = antimoon, Ti = titanium. Elementen die tussen haakjes staan vermeld, zijn bij dat experiment in lage hoeveelheden aangetoond.



40

40

Depositie fysiek

- ▶ Scherven (geen glas)

- ▶ Risico

Uitwendig gering

Indigestie kan schade toebrengen aan slokdarm, maag en maagdarmsysteem (specifiek voor runderen)

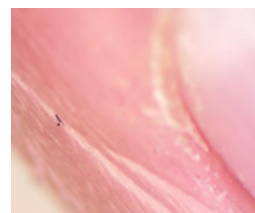
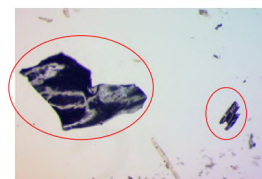
Splintervorming bij breken



41

41

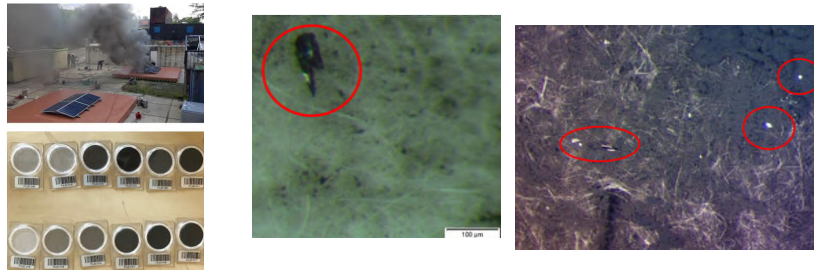
- ▶ Kleine scherven
- ▶ Splintervormig bij (handmatig)breken



42

42

- ▶ In rook en depositie zitten met het blote oog onzichtbare microscheren



Meeste scherven in de rook hebben de afmeting van 5-100µm



43

43

Conclusie

- ▶ Grote verschillen in snelheid van ontbranding
- ▶ De fysieke eigenschappen van scherven van zonnecellen vormen mogelijk een groter gezondheidsrisico dan de chemische eigenschappen.
- ▶ Vanwege de geringe aantallen microscheren en de incidentele mogelijkheden voor blootstelling bij branden is het gezondheidsrisico van inhalatie van deze microscheren in de praktijk waarschijnlijk gering.
- ▶ Voornamelijk risico bij ingestie (herkauwers)
- ▶ Bij brand maakt de betrokkenheid van zonnepanelen niet het verschil in het gevaar van rook



44

44

- ▶ Verspreiding op grote afstand is kenmerkend voor:
 - Branden met sterke thermiek
 - Hoge windsnelheden vergrotende omvang van het verspreidingsgebied
- ▶ Kleinere kans op verspreiding bij een brand die beperkt blijft tot het dak
- ▶ Direct contact met rook leidt tot sterke verhoging PAK afzetting > N.B. er is onderscheid tussen vluchtige en niet-vluchtige PAK
- ▶ Meetwaarden van gewassen in de besloten ruimte lieten zien dat depositie van metalen niet leidt tot overschrijding van de voedselnormen
- ▶ Bij verbranding van zonnepanelen komen op hoofdlijnen geen andere verbrandingsgassen vrij dan bij een gemiddelde verbranding van kunststoffen en elektronica.

45

45

Dank voor uw aandacht



46

46