

BRANDSKYDD I SOLCELLSANLÄGGNINGAR

Underlag för nationella riktlinjer

Slutrapport

Författare: Axel Mossberg, Cecilia Wetterqvist

Finansiär:



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Underlag för nationella riktlinjer	1
Sammanfattning	4
Förord.....	6
1. Inledning	7
1.1 Syfte och mål	7
1.2 Avgränsningar	7
2. Metod.....	9
2.1 Litteraturstudie	9
2.2 Workshops och intervjuer	9
2.3 Identifiering av faktorer som bör beaktas för brandskydd i solcellsanläggningar	10
2.4 Funktionskrav för brandskydd i solcellsanläggningar	10
2.5 Branschreglerna Säker Sol	10
3. Litteraturstudie	11
3.1 Krav i bygglagstiftningen.....	11
3.2 Riktlinjer från räddningstjänsterna	12
3.3 Riktlinjer från försäkringsbolag	15
3.4 Riktlinjer från forskningsinstitut/brandskyddsorganisationer.....	16
3.5 Råd enligt Svensk Elstandard (SEK Handbok 457)	17
3.6 Branschreglerna Säker Sol.....	17
3.7 Forskning och statistik för bränder i solcellsanläggningar	17
3.7.1 Risk för antändning.....	17
3.7.2 Konsekvens av bränder i solcellsanläggningar	23
3.7.3 Påverkan på branddynamik	23
3.7.4 Risk för brandspridning till underliggande material	25
3.7.5 Risk för räddningstjänsten vid insats	26
4. Workshop och intervjuer.....	28
4.1 Säkerhetshöjande åtgärder och risk för brandspridning	29
4.2 Montering	30
4.3 Skyltning och information	31
4.4 Drift och underhåll	31
4.5 Övergripande utformning av en riktlinje	31
5. Faktorer att beakta för brandskydd i solcellsanläggningar	33

5.1 Faktorer som berör räddningstjänstens insats	33
5.1.1 Risk för strömgenomgång.....	33
5.1.2 Insatssäkerhet på, och i anslutning till, tak	33
5.1.3 Information	33
5.2 Faktorer som påverkar egendomsskyddet	34
5.2.1 Takmaterial	35
5.2.2 Installation och komponenter	36
5.3 Drift- och underhåll.....	36
6. Funktionskrav och riktlinjer för solcellsanläggningar	38
6.1 Funktionskrav och riktlinjer för säker insats.....	38
6.2 Funktionskrav och riktlinjer för utökat egendomsskydd	44
7. Diskussion	47
8. Slutsats	48
9. Förslag på framtida arbeten.....	49
9.1 Brandtester av solceller på olika takkonstruktioner	49
9.2 Brandtester av solceller på fasadkonstruktioner	49
9.3 Utbildningsinsatser för ökad insatssäkerhet	49
10. Referenser	50
Bilaga A – Förslag till nationella riktlinjer för insatssäkerhet i solcellsanläggningar	53
Bilaga B – Rekommendationer för utökat egendomsskydd vid installation av solceller	60
Bilaga C – Rekommendationer för egenkontroll gällande brandskydd i solcellsanläggningar	62
Allmän information	62
Kontrollpunkter för insatssäkerhet	62
Kontrollpunkter för utökat egendomsskydd	63
Bilaga D – Rekommendationer för drift- och underhåll gällande brandskydd i solcellsanläggningar	65
Kvartalskontroll	65
Halvårskontroll	65
Årskontroll	66
Termografering	66

SAMMANFATTNING

Byggbranschen strävar efter att minska klimatpåverkan och hållbara energilösningar, så som solcellsanläggningar, är en viktig del av det initiativet. I och med nya EU-direktiv kommer installationerna sannolikt öka i framtiden. Den snabba teknikutvecklingen inom området i kombination med otydligheter kring tillämpbarheten i gällande regelverk har lett till att olika riktlinjer har utvecklats av flera olika kommunala räddningstjänster, försäkringsbolag och andra aktörer. Dessa riktlinjer är inte alltid tillämpbara och det saknas generellt motiv till varför olika kravställningar eller rekommendationer är formulerade som de är. Det medför osäkerheter vid projektering och kan leda till ineffektiva lösningar samt stora skillnader i utformning, och risknivå, mellan solcellsanläggningar i olika delar av landet.

Mot denna bakgrund finns ett tydligt behov av nationellt samordnade riktlinjer för solcellsanläggningar, utformade som funktionskrav, med tydligt syfte och motivering till respektive kravställning. En sådan struktur skulle möjliggöra ett bättre brandskydd, effektivare utformning av solcellsanläggningarna och även främja nya utformningar. Det skulle även ge räddningstjänsten större möjlighet till ett enhetligt angreppssätt vid bränder där solcellsanläggningar är involverade vilket kan underlätta för de riktlinjer för insats som tas fram nationellt av MSB. Det skulle även underlätta projektering, och drift, för aktörer verksamma över hela landet samt förbättra räddningstjänstens insatssäkerhet.

Inom aktuellt projekt har riktlinjer från olika organisationer identifierats och analyserats. Syftet och avsedda funktioner med de olika delarna av respektive riktlinjer har studerats för att skapa en förståelse för varför de olika riktlinjer är föreskrivna som de är. Ett antal workshops med olika intressenter i branschen har utförts för att diskutera viktiga delar av en nationell riktlinje, så som utformning av riktlinjen, viktiga aspekter att beakta och vilka anläggningar en riktlinje bör rikta sig mot. Representanter från flera olika delar av branschen, så som brandskyddskonsulter, företrädare för räddningstjänsten, företrädare för försäkringsbolag, solcellsinstallatörer, solcellskonsulter, med flera deltog i dessa varpå förankringen i arbetet varit bred i branschen. En fråga som samtliga deltagare svarade unisont "ja" på var huruvida en nationell riktlinje för brandskydd av solcellsanläggningar behövdes. Detta understryker vikten av arbetet som presenteras i denna rapport.

Vidare har forskning kring bränder i solcellsanläggningar studerats och genom det har olika viktiga faktorer för att höja brandskyddet i anläggningarna identifierats. Litteraturstudien visar att det finns ett antal enkla, och ett antal mer utmanande, åtgärder för att erhålla ett utökat egendomsskydd vid brand i en solcellsanläggning. Här konstaterades att säkerställande av korrekt installation med högkvalitativa komponenter minskar sannolikheten för uppkomst av brand i en anläggning, medan installation på tak med hög motståndskraft mot en brand i anläggningen minskar konsekvensen av en sådan brand.

Med grund i ovanstående beskrivna delar utarbetas i denna rapport ett antal funktionskrav för brandskydd av solcellsanläggningar. Funktionskraven delas in i två delar: en del som fokuserar på räddningstjänstens insatssäkerhet och en del som fokuserar på utökat egendomsskydd. Funktionskraven kompletteras även med detaljerade riktlinjer för att tydliggöra hur funktionen som efterfrågas i kravställningen kan uppnås. Utöver detta ges även en beskrivning kring bakgrund och syfte med formuleringarna, både gällande funktionskrav och de detaljerade riktlinjerna.

Förslaget till nationell riktlinje finns i en separat bilaga till denna rapport. Där finns även rekommendationer för egenkontroll gällande brandskyddsåtgärder samt rekommendationer för drift- och underhåll av brandskydd för solcellsanläggningar.

FÖRORD

Den här rapporten utgör slutrapport i projektet "Nationella riktlinjer för brandskydd i solcellsanläggningar". Projektet finansierades av Elteknikbranschens Utvecklings AB. Projektet har även finansierats av egna insatser från deltagarna i projektgruppen och andra aktörer som bidragit i arbetet.

Med projektet är förhoppningen att ge en grund för nationell samordning och utveckling av riktlinjer för brandskydd av solcellsanläggningar, med fokus på insatssäkerhet och ökat egendomsskydd. Funktionskraven föreslås alltså ligga till grund för riktlinjer som tas fram hos olika organisationer/myndigheter framöver. Vilken organisation som skulle kunna bära ett nationellt ansvar för regelverk/riktlinjer kring brandskydd i solcellsanläggningar har undersökts i projektet men inget entydigt svar har hittats. Oavsett om framtiden på området är reglering från myndigheter, standardisering via intresseorganisationer, eller som idag, riktlinjer kopplade till enskilda aktörer, så är alltså förhoppningen att detta arbete kan utgöra en nationell bas för att likrikta funktionerna som eftersöks av brandskyddet, även om detaljerna i riktlinjerna kan skilja sig beroende på målsättningen med den enskilda riktlinjen.

Inom projektet har många olika aktörer och organisationer bidragit. Författarna riktar ett stort tack till alla som bidragit till arbetet!

Tack också till Oscar Nordström som hjälpt till med datahanteringen av skaderapporter i projektet.

1. INLEDNING

Inom byggbranschen pågår flera arbeten med att på olika sätt minska klimatpåverkan vid upprättande av nya byggnader såväl som vid ombyggnation, och flera incitament har instiftats för att beakta och påverka detta. Som ett led i detta arbete är energifrågan i stort fokus, och installation av solceller har blivit en vedertagen strategi för att arbeta med effektiva, hållbara energiförsörjningssystem. Även kommande lagkrav styr mot en ökning av just solcellsinstallationer [1], [2].

Teknikutvecklingen avseende solcellsinstallationer går snabbt och regelverket kring denna typ av installationer är bristfällig [3]. Som en konsekvens av detta figurerar en rad olika riktlinjer och rekommendationer inom Sverige. Det förekommer olika regionala råd och riktlinjer från räddningstjänster samt rekommendationer från försäkringsbolag och forskningsinstitut. Riktlinjerna fokuserar på hur installationerna ska utformas för att hantera risk för uppkomst av brand, en sådan brands konsekvens samt möjlighet till släckinsats vid installationer på tak och fasad. Dessa riktlinjer skiljer sig åt och är generellt formulerade som ett mellanting mellan krav och råd, vilket skapar en osäkerhet i projekteringsskeden avseende hur solcellsanläggningar på tak och fasad faktiskt kan utföras. Trots tidigare initiativ [4] så saknas dock fortsatt nationella riktlinjer på området.

Utöver att de lokala riktlinjerna ofta ger ineffektiva utformningar för både solcellsanläggningar och brandskyddet av dessa så innebär de att det blir stora skillnader på anläggningar som byggs på olika orter. Detta skapar problem både vid projektering och drift för fastighetsägare och aktörer i byggbranschen som är aktiva i flera olika delar av landet. Det skapar även sämre förutsättningar för räddningstjänsterna att lära av varandras incidenter och kan utgöra en försvårande faktor för nationella insatsriktlinjer, vilket Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) ger ut [5].

Med bakgrund av ovanstående bedöms det finnas ett stort behov av att samordna nationella riktlinjer för solcellsanläggningar. I enlighet med slutsatser i tidigare arbete [4] bedöms funktionskrav där det anges vad syftet är med respektive riktlinje vara det bästa sättet att beskriva sådana riktlinjer på. På så vis kan anläggningarna utformas både med bättre brandsäkerhet och med bättre effektivitet samt med möjlighet till nya innovationer. Det ger även större möjlighet att skapa förutsättningar för anläggningar som kan accepteras nationellt både ur insatsperspektiv och ur försäkringstekniska perspektiv.

1.1 Syfte och mål

Syftet med projektet är att ta fram ett förslag/underlag till nationella riktlinjer för brandskydd av solcellsanläggningar uttryckta som funktionskrav och med syfte kopplat till respektive riktlinje. Detta har utförts med utgångspunkt i befintliga riktlinjer samt med stöd i intervjuer och workshops med representanter för flera av de olika organisationerna som har sådana riktlinjer idag.

Målet är att genom nationella riktlinjer ge förutsättningar för effektivare anläggningar med bättre brand- och insatssäkerhet samt likriktade krav vid projektering av byggnader med solcellsanläggningar.

1.2 Avgränsningar

Projektet berör primärt solcellsinstallationer på yttertak. Integrerade solcellsanläggningar i yttertak eller fasad ingår inte. För sådana installationer är kraven i bygglagstiftningen tydligare då de

betraktas som en del av byggnaden. Dock kan de funktionskrav och rekommendationer som ges i denna rapport ses som vägledande för insatssäkerhet och förhöjt egendomsskydd även för sådana installationer.

Rapporten fokuserar inte på fasadmonterade solceller, även om problematiken delvis berörs i vissa delar. För fasadmonterade solceller bedöms det avgörande att bibehålla skydd mot brandspridning längs fasadytan och kraven på ytterväggar enligt bygglagstiftningen bedöms därför relevanta även på solceller monterade utvändigt. Det bedöms alltså rimligt att betrakta fasadmonterade solceller på samma sätt som fasadintegrerade solceller.

Denna rapport fokuserar inte heller på installationer på småhus eller liknande mindre installationer. De flesta riktlinjer från räddningstjänsten berör inte den typen av anläggningar och således bedöms inte heller denna rapport aktuell för sådana installationer. Tillämpliga delar av rapportens slutsatser och riktlinjer bedöms dock kunna användas även för sådana anläggningar om utökat egendomsskydd önskas av innehavaren.

Vidare bör det observeras att litteraturstudien innefattar begränsningar i vilka riktlinjer, rekommendationer och övrig litteratur som identifierats och studerats. Det finns sannolikt fler riktlinjer, både nationellt och internationellt, som inte varit möjliga att identifiera inom ramen för det utförda arbetet. Bedömningen är dock att relevanta riktlinjer, rekommendationer och övrig litteratur på ämnet tagits med i en sådan omfattning att enskilda ytterligare riktlinjer, eller liknande, sannolikt inte påverkar slutresultatet.

Rapporten berör inte heller solcellsanläggningar som är placerade på mark. Även här är dock bedömningen att rekommendationerna kan användas i tillämpliga delar för att öka insatssäkerhet om så önskas.

2. METOD

Projektet har genomförts i fyra delmoment:

1. Litteraturstudie
2. Workshops samt intervjuer med representanter från olika organisationer
3. Identifiering av faktorer som bör beaktas för brandskydd i solcellsanläggningar
4. Formulering av funktionskrav för brandskydd i solcellsanläggningar

Respektive delmoment beskrivs vidare nedan. Utöver delmomenten beskrivs även hur projektet varit involverat i, och förhåller sig till, branschreglerna Säker Sol som nyligen getts ut av Installationsföretagen.

2.1 Litteraturstudie

Projektet tog utgångspunkt i befintliga råd och riktlinjer för brandskydd i solcellsanläggningar från räddningstjänster, försäkringsbolag och forskningsinstitut. Här har även forskning och sammanställningar av brandrisker för solceller nationellt, och internationellt, studerats. I studien konstaterades det att det finns många olika riktlinjer hos räddningstjänsterna och att sammanställa alla i detalj bedöms inte vara givande för projektet. Utgångspunkt har därför tagits i de större räddningstjänsternas råd och riktlinjer för denna sammanställning.

Vissa försäkringsbolag har riktlinjer kopplat till solcellsanläggningar tillgängligt på hemsida eller liknande. Andra försäkringsbolag har inte alltid publikt tillgängliga riktlinjer men genom intervjuer och personliga förfrågningar har vissa bolags riktlinjer erhållits och sammanställts.

Det finns även riktlinjer från vissa forskningsinstitut internationellt men inte i Sverige. Där detta identifierats har det beaktats och sammanställts. Även forskning på solceller och brand har genomlysts och relevanta delar har sammanställts i denna rapport.

Litteraturstudien sammanställs i avsnitt 3.

2.2 Workshops och intervjuer

För att öka insynen i vad olika organisationer anser är värdefullt gällande riktlinjer för brandskydd i solcellsanläggningar genomfördes en workshop och ett antal intervjuer. Workshopen marknadsfördes via LinkedIn och anmälan var öppen för alla som visade intresse. På grund av stort intresse utfördes workshopen vid två tillfällen, där samma underlag låg till grund för båda tillfällena. I den första workshopen deltog primärt tillverkare, installationsföretag och takleverantörer varpå fokus blev frågeställningar gällande installationsdelar. I den andra deltog primärt räddningstjänst, försäkringsbolag och brandskyddskonsulter varpå fokus blev på risker när brand uppstått. Ett visst överlapp i både kompetens och fokus skedde dock i båda workshoparna.

Workshops föranleddes av intervjuer med utvalda aktörer inom branschen. Dessa utfördes som ostrukturerade intervjuer, undantaget några enstaka förberedda frågor, för att samla in kvalitativa data genom dialoger med respondenter. Underlaget har legat till grund för frågor i workshopen.

Workshops och intervjuer sammanställs i avsnitt 4.

2.3 Identifiering av faktorer som bör beaktas för brandskydd i solcellsanläggningar

Utifrån litteraturstudien, intervjuerna och workshoparna sammanställdes ett antal faktorer som bedöms vara viktiga för brandskydd i solcellsanläggningar. Dessa faktorer har sedan legat till grund för de funktionskrav som formulerades i nästa steg av projektet.

2.4 Funktionskrav för brandskydd i solcellsanläggningar

Med grund i de faktorer som identifierats ovan har ett antal funktionskrav tagits fram för brandskydd i solcellsanläggningar. Funktionskrav har valts för att ge möjligheten till olika lösningar från fall till fall och på så sätt stödja t.ex. innovationer eller nya lösningar som innebär högre brandsäkerhet, men som kanske avviker från de detaljkrav som vanligtvis anges i riktlinjerna på området. För att öka verifierbarheten och tydligheten i funktionskraven kompletteras dessa dock av exempel på lösningar som bedöms uppfylla funktionskraven. Dessa lösningar är endast exempel och funktionskraven kan alltså uppfyllas även på andra sätt.

2.5 Branschreglerna Säker Sol

Under arbetet inom detta projekt har Installationsföretagen publicerat vad de kallar "branschregler" för installationer av solcellsanläggningar. Branschreglerna, som benämns Säker Sol [6], innehåller inga specifika krav på brandskydd, utom att råd och riktlinjer hos försäkringsbolag och lokal räddningstjänst ska kontrolleras. Istället är reglerna ett verktyg för att höja kvaliteten vid installation av anläggningen. Det aktuella projektet har varit i dialog och samverkat med Installationsföretagen under framtagandet av Säker Sol och dessa kan ses som komplement till varandra. Säker Sol ger ett ramverk för ökad kvalitet och brandsäkerhet vid installation och de riktlinjer som ges i denna rapport kan ses som ett underlag för att säkerställa räddningstjänstens insatssäkerhet och ökat egendomsskydd i en solcellsanläggning, om en brand inträffar.

3. LITTERATURSTUDIE

Nedan beskrivs en sammanställning av olika krav, riktlinjer och forskning på området.

3.1 Krav i bygglagstiftningen

Hur solcellsinstallationer på tak ska behandlas enligt bygglagstiftningen är inte en fråga med ett tydligt svar. Boverket anger själva på sin webbtjänst PBL Kunskapsbanken att det inte finns några detaljkrav i och med att solcellerna definitionsmässigt inte utgör en del av takkonstruktionen [7]. Boverket anger dock att bristen på detaljkrav inte innebär att det inte finns några krav alls, utan att den kravnivå som finns för brandskydd på yttertak, dvs B_{ROOF(t2)}, kan vara vägledande.

Utöver kravnivån för brandspridning på tak anger Boverket att solcellerna kan påverka räddningstjänstens insatssäkerhet. Boverket förordar därför att strömmen ska kunna brytas så nära solcellspanelerna som möjligt för att minska längden spänningssatt likströmskablage. Boverket anger även att det kan vara aktuellt för räddningstjänsten att göra håltagning i anslutning till brandväggar när byggnader är sammanbyggda, och att det därför kan finnas anledning att skapa utrymmen mellan solcellerna och brandväggen för att möjliggöra detta.

Nedan återges ytterligare punkter som Boverket anser behöver beaktas:

- *Påverkar solceller på fasad möjligheten till utrymning med hjälp av räddningstjänsten?*
- *Är solcellspaneler monterade över eller i närhet av brandväggar?*
- *Finns behov av orienteringsritningar av solcellsanläggningen som beskriver anläggningens uppbyggnad, kablarnas placering, vilka delar som blir spänningslösa av brytaren, namn på kontaktperson m.m.?*
- *Hur påverkas brandspridningen av solceller placerade på fasad respektive tak?*
- *Är anläggningen tillräckligt tydligt skyltad?*
- *Bryts strömmen till solcellspanelerna när brandlarmet aktiveras?*
- *Behöver räddningstjänsten ha möjlighet att nå taket från två håll för att kunna göra en insats?*
- *Hur utformas drift- och underhållsinstruktioner för att säkerställa en säker anläggning över tid?*

Hur dessa punkter ska beaktas är dock upp till projektören att avgöra i respektive projekt.

Boverket lyfter inga aspekter kopplade till skydd av egendom eller tredjeman för solcellsanläggningar. Sådana aspekter är alltså upp till fastighetsägaren själv att avgöra lämplig nivå på.

Sammanfattningsvis saknas tydliga kravställningar i bygglagstiftningen, men att lagstiftaren (Boverket) förväntar sig att projektören beaktar brandsäkerhet. I praktiken kan det dock konstateras att t.ex. krav på taktäckning för solpanelernas yta sällan beaktas vid installation.

3.2 Riktlinjer från räddningstjänsterna

I och med avsaknaden av reglering av solcellsanläggningar i bygglagstiftningen så har räddningstjänsterna i många fall själva tagit fram riktlinjer/rekommendationer för hur sådana anläggningar bör utformas. Riktlinjerna fokuserar primärt på att säkerställa räddningsmanskapets säkerhet vid insatser där solcellsanläggningen kan vara inblandad men berör även andra delar, så som risk för brandspridning och liknande.

I en sammanställning av räddningstjänsternas riktlinjer som genomfördes 2021 konstaterades att det fanns 22 stycken olika riktlinjer tillgängliga i landet [8]. Dessa riktlinjer överensstämmer i vissa delar men skiljer sig också åt i vissa delar. Sammanställningen som genomfördes redovisas i tabellform i Tabell 2 på nästa sida. Där redovisas förekomsten av olika rekommendationer i de olika riktlinjerna enligt nedanstående kategorisering i Tabell 1. Observera att vissa riktlinjer som ansetts vara dubletter eller ha samma innebörd i sammanställningen slagits ihop.

Tabell 1. Beskrivning av kategorisering av riktlinjer.

<i>Benämning av förekomst</i>	<i>Förekomst av rekommendation i studerade riktlinjer</i>
Alla	100 %
Majoritet	50-99 %
Flertal	25-49 %
Vissa	0-24 %

Sammanställningen visar att de vanligast förekommande riktlinjerna är skyltning av att det förekommer solceller i byggnaden och möjlighet att kunna bryta strömmen så nära solcellspanelerna som möjligt. Detta kan utformas på olika sätt men principen anges i samtliga rekommendationer. Vidare anger de flesta rekommendationerna att likströmskablage ska vara tydligt uppmärkt, att det ska finnas insatsstöd/information om anläggningen samt att omfattningen/placeringen av solceller bör beakta möjligheter till håltagningar och i vissa fall även underliggande brandavskiljande konstruktioner. Majoriteten anger även att om det finns en säkerhetsbrytare så bör ett manöverdon placeras i räddningstjänstens angreppsväg eller i anslutning till BFT/centralapparat om sådan finns. I flertalet riktlinjer anges även att skyltning ska finnas vid manöverdonet som tydliggör funktionen, att brytaren ska indikera huruvida strömmen är bruten eller inte samt att brytaren ska vara mekanisk och inte kunna återgå till utgångsläget automatiskt.

Flertalet riktlinjer rekommenderar att anläggningen bör stängas ner till låga spänningsnivåer, t.ex. via effektoptimerare eller rapid shut down-system. Flertalet anger även att brandkompetens bör involveras vid uppförande, att monteringen ska beakta risken för brandspridning och nedfallande delar samt att solcellerna bör placeras på obrännbart underlag. Det rekommenderas även att placering av paneler och kablage bör beakta eventuella förvaringsplatser för brandfarliga och explosiva varor.

I vissa riktlinjer anges att kablage ska skyddas mot mekanisk påverkan, att åskskydd för anläggningen bör finnas samt att placeringen ska beakta gångstråk på taket. Det anges även i

vissa riktlinjer att kontroll av solcellerna bör ingå i byggnadens systematiska brandskyddsarbete (SBA).

Tabell 2. Förekomst av olika rekommendationer i de studerade riktlinjerna.

<i>Rekommendation</i>	<i>Förekomst</i>
Möjlighet för räddningstjänsten att bryta strömmen från solcellerna så nära panelerna som möjligt • Om växelriktare inte är placerad i anslutning till panelerna • I en fjärdedel av riktlinjerna förordas i första hand att hela anläggningen inklusive paneler ska kunna göras strömlös • I två fall rekommenderas "Rapid Shutdown" • I ett fall specificeras att strömmen ska brytas i direkt anslutning till panelerna	Alla
Skyltning att det finns solcellsanläggningar på fastigheten	Alla
Manöverdon till säkerhetsbrytare för likström bör placeras i räddningstjänstens angreppsväg, eller i anslutning till centralapparat/brandförsvarstablå (om brandlarm finns).	Majoritet
Hela taket bör inte täckas av solceller, speciellt inte vid brandcell/brandvägg (oftast brandvägg), för att möjliggöra håltagning.	Majoritet
Frilagt likströmskablage på tak bör förläggas synligt och tydligt utmärkt.	Majoritet
Insatsstöd/skyltning med information/instruktioner för räddningstjänsten, inklusive viktiga komponenter, vilka delar som är ständigt spänningssatta samt kontaktuppgifter till person med kunskap om anläggningen.	Majoritet
Mekanisk säkerhetsbrytare som ej kan återgå till utgångsläge automatiskt.	Flertal
Anläggning stängs ner till låga spänningsnivåer (t.ex. via effektoptimerare).	Flertal
Säkerhetsbrytare ska indikera att strömmen är bruten.	Flertal
Växelriktare ska placeras så nära solcellsmodulerna som möjligt.	Flertal
Involvering av brandkompetens vid uppförande, t.ex. genom samråd med räddningstjänsten eller genom att brandkonsult ger råd.	Flertal
Beakta risk för brandspridning samt nedfallande delar/paneler, speciellt vid kraftigt lutande tak.	Flertal
Montera solceller på obrännbart underlag.	Flertal
Undvik att placera solcellspaneler eller kablage i anslutning till förvaringsplats för brandfarliga och/eller explosiva varor.	Flertal
Manöverdon för säkerhetsbrytare ska ha anvisning som tydliggör funktionen.	Flertal
Fria takytor och gångstråk lämnas i anslutning till panelsektioner.	Vissa
Skydda kablage från mekanisk påverkan.	Vissa
Åskskydd.	Vissa
Kontroll inom SBA.	Vissa

Det kan även noteras att vissa av rekommendationerna över tid har ifrågasatts. Exempelvis har den så kallade "brandkårsbrytaren" (som är en typ av säkerhetsbrytare), som är till för att minska det spänningssatta likströmskablager i anläggningen, i flera fall visat sig vara en brandorsak. I en rapport från Elsäkerhetsverket [9] konstateras det att denna brytare stod för ca 10 % av brandtillbudet som rapporterats under 2018-2022. Det kan även konstateras att brandkårsbrytaren i många system endast bryter strömmen för väldigt begränsade delar av kablager i anläggningen, vilket kraftigt begränsar den skyddshöjande effekten. Den riskerar även att ge en falsk säkerhet till räddningstjänsten då de kan uppfatta det som att allt kablager blir spänningslöst när brytaren aktiverats, vilket normalt inte är fallet. Detta har även lett till ändringar av rekommendationerna i vissa fall, men inte för alla.

Vidare rekommenderas också diverse olika förslag på mellanrum mellan grupper av solcellspaneler i anslutning till brandcellsgränser som möter yttertak. Här skiljer sig riktlinjerna avseende omfattning på rekommenderade avstånd, och när. I flera riktlinjer, samt i sammanställningen, anges det primära syftet med avstånden i förhållande till brandceller/brandväggar att räddningstjänsten ska kunna göra håltagning. I vissa fall anges dock även skydd mot brandspridning mellan olika sektioner som anledning till avstånden.

De brandtekniska funktionerna som rekommendationerna i riktlinjerna eftersträvar är inte tydligt formulerade och kräver vidare utredning. En sådan utredning redovisas i avsnitt 5.

3.3 Riktlinjer från försäkringsbolag

I projektet har det konstaterats att de stora svenska försäkringsbolagen generellt är relativt restriktiva med riktlinjer gällande brandskydd av solcellsanläggningar. De riktlinjer som finns är primärt riktade mot villainstallationer och fokuserar då på att säkerställa att installationen utförs korrekt, t.ex. genom att tillämpa branschreglerna Säker Sol [6]. Det finns dock vissa bolag som har riktlinjer och det har även konstaterats att det kan dyka upp riktlinjer/kravställningar inom byggprojekt, då ofta med fokus på risken för brandspridning till takkonstruktionen.

Det finns vissa publicerade riktlinjer från större Europeiska försäkringsaktörer så som Zurich [10], Allianz [11] och Swiss Re [12], med flera. Dessa riktlinjer riktar sig mot kommersiella byggnader och industribyggnader. Riktlinjerna är relativt omfattande och behandlar fler aspekter än bara brandskydd. I samtliga riktlinjer konstateras dock vikten av att solcellssystemet projekteras, installeras och underhålls korrekt. Riktlinjerna anger även att takmaterialet kan ha stor påverkan på hur omfattande en eventuell brand kan bli och obrännbara takmaterial eller brandbarriärer i takkonstruktionen anges som rekommendation.

I sammanställningar av riktlinjer från försäkringsbolag kopplade till storlek på anläggningar så varierar den rekommenderade maximala storleken från 1600 m² (40x40m) till cirka 2100 m² (46x46m) [13]. Rekommenderade avstånd mellan sådana sektioner och/eller andra takinstallationer varierar från 1 till 2 meter beroende på olika faktorer så som takmaterial och vilken typ av installation som berörs.

Även FM Global har riktlinjer för installationen [14] och även en egen teststandard för tak med solpaneler [15]. Här är stort fokus takmaterialet och dess brännbarhet, men även visst fokus på att säkerställa en korrekt elinstallation.

3.4 Riktlinjer från forskningsinstitut/brandskyddsorganisationer

Från forskningsinstitut/brandskyddsorganisationer finns publicerade riktlinjer explicit för solcellsanläggningar från Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI) [16], the Confederation of Fire Protection Associations Europe (CFPA-Europe) [17] samt från projektet Fire-safe Sustainable Built Environment (FRISSBE) inom Slovenian National Building and Civil Engineering Institute (ZAG) [18]. Dessa har till viss del olika fokusområden, vilket redogörs för mer i detalj nedan.

Riktlinjerna från DBI är framtagna för att täcka in projektering, installation och även egenkontroll av en solcellsanläggning. Fokus är alltså till stor del på anläggningen och syftet med vägledningen är att belysa risker med solcellsanläggningar samt ge stöttning i dialogen mellan olika aktörer, så som anläggningsägare, entreprenör, brandprojektör, leverantör och försäkringsgivare, vid installationen av en sådan anläggning. I vägledningen anges att den baseras på minimikraven i relevanta Europeiska standarder, Dansk bygglagstiftning och "best practice" på området. Om vägledningen följs är det DBI:s bedömning att en "tillfredsställande" säkerhetsnivå uppnås. Det anges dock att en sådan säkerhetsnivå även kan uppnås på andra sätt än att följa vägledningen explicit.

Vägledningen från DBI består av nio huvudkrav (kallade funktionskrav) där ett berör förundersökning av taket innan installation, tre berör projektering, fyra berör installation och ett berör leverans och uppföljande kontroller. Kraven berör exempelvis särskilda krav för installation på brännbara tak, begränsningar av omfattning på anläggningen, avstånd till brandväggar (danska: brandkam), fasad och mellan olika anläggningsdelar samt krav på montagesystem och likströmsbrytare. Kraven är relativt flexibelt ställda och bedöms möjliggöra många olika typer av anläggningar.

Riktlinjen säljs kommersiellt av DBI, varför inga ytterligare detaljer kommer redogöras för. Riktlinjen har dock beaktats som underlag vid utformningen av de riktlinjer som anges i denna rapport.

Riktlinjen från CFPA-Europe innehåller ett antal rekommendationer, bland annat kopplat till monteringsystem och elsäkerhet men även brandtekniska riktlinjer. Här anges exempelvis att kablar som löper över en brandvägg ska monteras i särskilda obrännbara rännor, att avstånd för solceller till brandvägg ska vara minst 2,5 meter om inte andra åtgärder vidtas för att minska risken för brandspridning samt att områden med solpaneler bör understiga 40x40 meter och ha minst 5 meter separation mellan sig. Denna riktlinje bedöms ofta vara grunden till många krav hos de svenska räddningstjänsterna. Riktlinjen är inte baserad på några försök utan har sin grund i ett antal tyska standarder på området. Riktlinjen fokuserar primärt på installationer på platta tak.

Även riktlinjen från FRISSBE fokuserar på solcellsanläggningar på platta tak. En skillnad mellan riktlinjen från DBI och den från FRISSBE är att den senare fokuserar på taket och solcellsanläggningen som ett system medan den tidigare primärt fokuserar på anläggningen. Riktlinjen förordar installation på obrännbara takkonstruktioner och rekommenderar att brandprovning av system i kombination med den aktuella taktäckningen/takkonstruktionen om denna är brännbar. Riktlinjen rekommenderar även att det säkerställs att installationen av systemet utförs av en kompetent utförare samt att det regelbundet underhålls.

Riktlinjen är relativt allmänt ställd och i stora delar återger den krav/rekommendationer från olika forskningsstudier eller andra aktörer, t.ex. försäkringsbolag, utan att ta direkt ställning för vilka av de återgivna kraven/rekommendationerna som är korrekta. Vidare belyses olika riskfaktorer snarare än att ge direkt vägledning i hur dessa ska hanteras. Vägledningen är därför ett bra underlag för att

identifiera risker, men ger något mindre stöd i hur en utformning ska vara för att betraktas som säker.

3.5 Råd enligt Svensk Elstandard (SEK Handbok 457)

SEK Handbok 457 – Solceller - Råd och regler för elinstallationen [19] är en handbok som syftar till att komplettera kraven i Elinstallationsreglerna samt att ge stöd till den som projekterar, installerar eller besiktigar en solcellsanläggning. Handboken grundar sig på standarderna SS 436 40 00, SS-EN 62446-1 samt IEC 60364-7-712.

Brandtekniskt innehåller handboken endast övergripande riktlinjer kopplat till brandskydd där det bland annat anges att hela takytan inte bör täckas med solceller och att montering inte bör göras för nära kanten av taket. Detta för att bättre möjliggöra att räddningstjänsten kan nyttja takytan som angreppspunkt om det behövs. Det anges även att man bör undvika att montera brännbara produkter över "brandavskärmande" väggar, vilket bedöms innebära brandväggar. Vidare anges att det kan vara lämpligt att installera funktioner som möjliggör för räddningstjänsten att göra kablar på taket spänningslösa. Det anges dock att detta inte utgör något krav.

3.6 Branschreglerna Säker Sol

Branschreglerna Säker Sol är framtagna av Installatörsföretagen. I arbetet har även Svensk Försäkring, vilket är försäkringsföretagens branschorganisation, varit remissinstans. Syftet med reglerna är att göra det enklare för branschaktörerna att uppfylla de krav och riktlinjer som finns för en solcellsinstallation samt att öka tryggheten i att installationen är utförd korrekt för såväl installatören som beställaren.

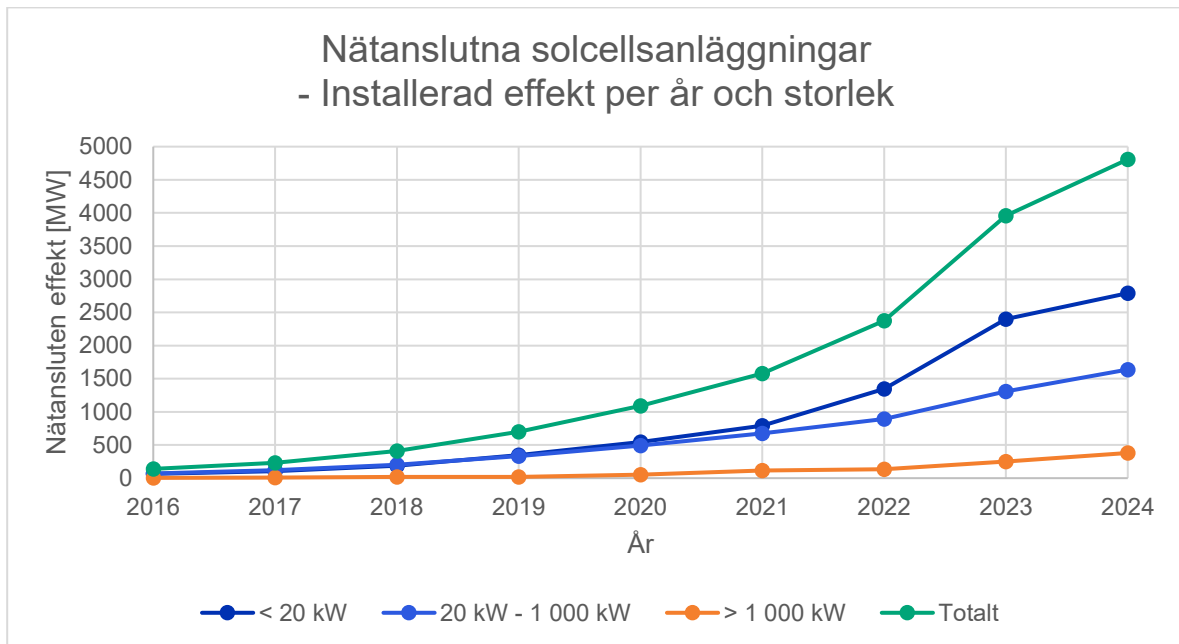
Reglerna innehåller två riktlinjer kopplat till brandsäkerhet, nämligen att den lokala räddningstjänstens riktlinjer ska dokumenteras och följas samt att det ska finnas möjlighet till fränkoppling av anläggningen vid brand och skyltas så att räddningstjänsten får korrekt information.

3.7 Forskning och statistik för bränder i solcellsanläggningar

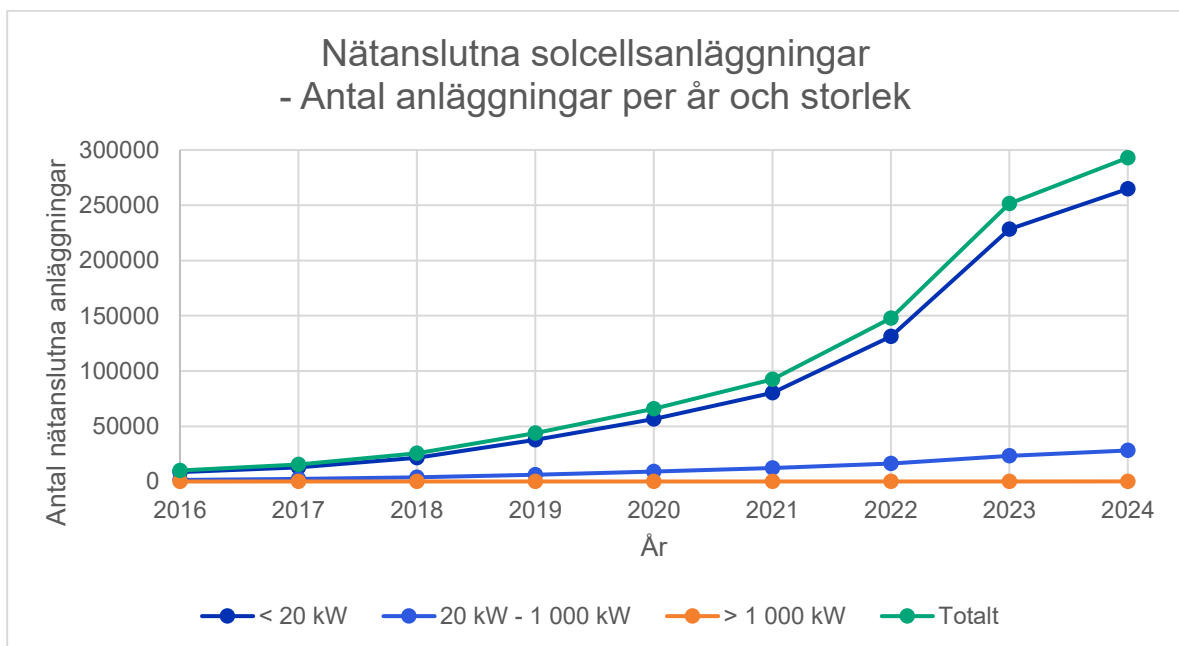
De primära riskerna med solcellsanläggningar kan delas in i fyra kategorier, (1) utökad risk för antändning på taket, (2) påverkan av solcellerna på branddynamiken vid en takbrand, (3) risken för brandspridning från solcellerna ner i takkonstruktionen samt (4) risken för räddningstjänsten vid insats [18]. Det aktuella forskningsläget för respektive punkt redogörs vidare för nedan.

3.7.1 Risk för antändning

Solceller är i sig ingen ny uppfinning, men kommersiella solcellsanläggningar på byggnader har inte funnits i större omfattning i Sverige förrän den senaste 10–15 årsperioden. Utvecklingen av installerad effekt i Sverige kan ses i Figur 1 och utvecklingen av antal anslutna anläggningar kan ses i Figur 2. Underlag till figurerna är hämtade med data från Energimyndigheten [20].



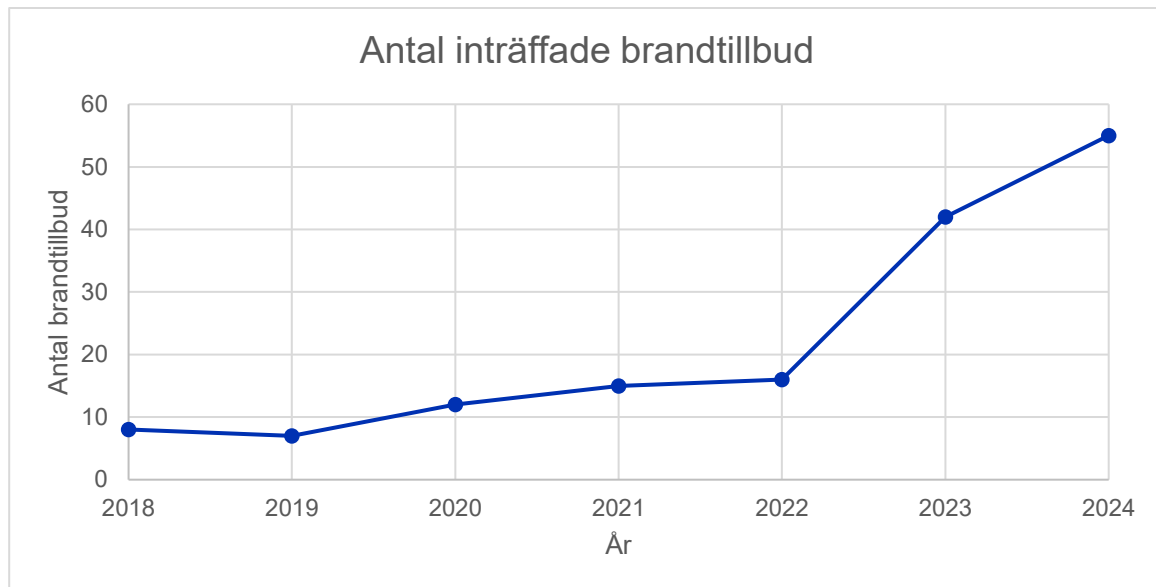
Figur 1. Nätansluten effekt från solceller per år i Sverige under perioden 2016–2024.



Figur 2. Antal nätanslutna solcellsanläggningar per år i Sverige under perioden 2016–2024.

Antalet bränder som inträffat i solcellsanläggningar under samma tidsperiod är något osäkert då solcellsanläggningen inte är en del av räddningstjänstens ordinarie rapporteringssystem. För perioden 2018–2022 har dock Elsäkerhetsverket gjort en bedömning av antalet inträffade bränder utifrån data från MSB [9]. Denna bedömning indikerar att det inträffat 58 brandtillbud där solcellerna

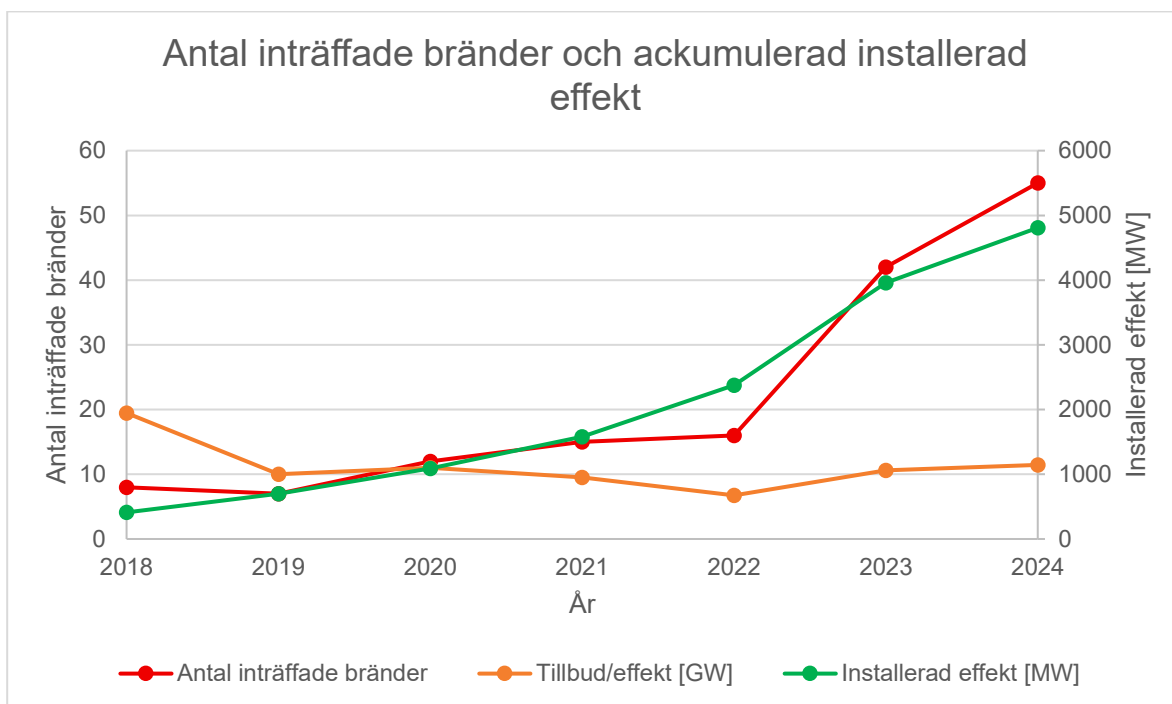
troligen eller mycket troligen varit startobjekt för branden. Utöver denna statistik har det via kommunikation med Elsäkerhetsverket¹ erhållits data även för 2023 och 2024. Antalet inträffade bränder per år under perioden redovisas i Figur 3.



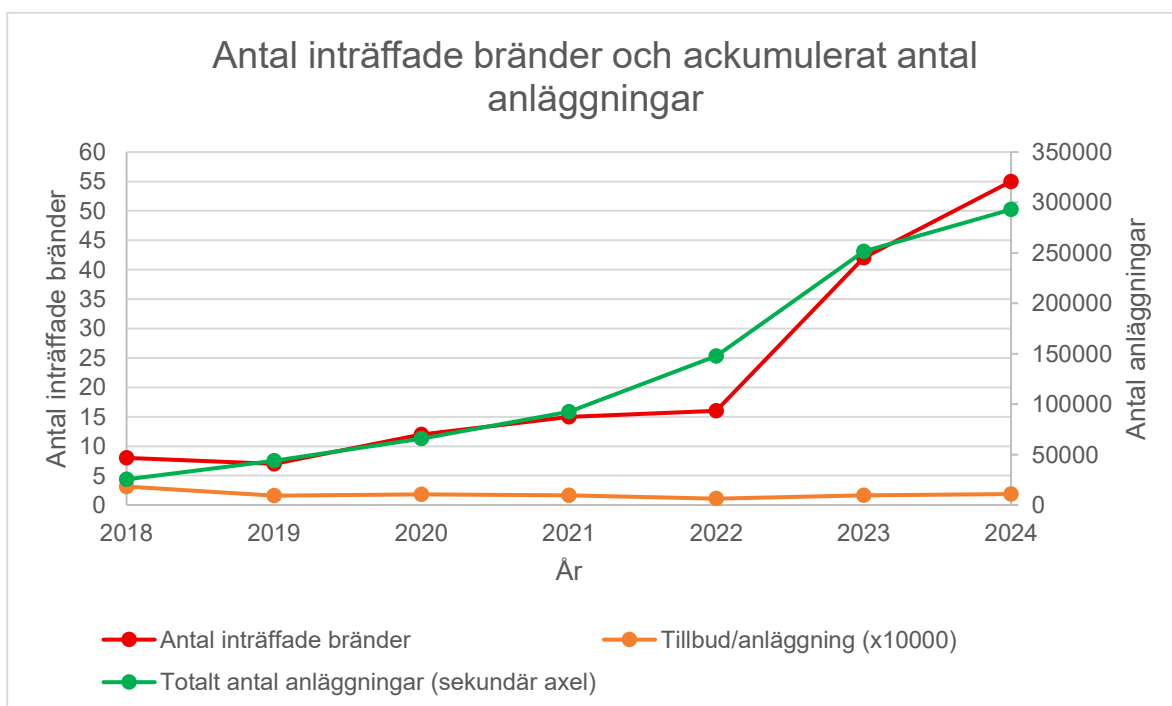
Figur 3. Antal inträffade brandtillbud där solcellsanläggningen troligen eller mycket troligen varit startobjekt [9].

I tidigare studier har sannolikheten för brands uppkomst i solcellsanläggningar antingen uttryckts i form av antal incidenter per installerad effekt, alternativt som antal incidenter per antal nätanslutna anläggningar. Till exempel anges i en sammanställning att sannolikheten för brands uppkomst är cirka en brand per 35 MW installerad effekt [21] medan en annan anger att sannolikheten är cirka en brand per 10 000 anläggningar [22]. För den svenska statistiken åskådliggörs båda dessa mått i förhållande till statistiken i Figur 4 och Figur 5.

¹ Mail från Mikael Carlsson, Elsäkerhetsverket, 2025-08-18.



Figur 4. Antal inträffade bränder och installerad effekt samt antalet tillbud per installerad effekt i GW.



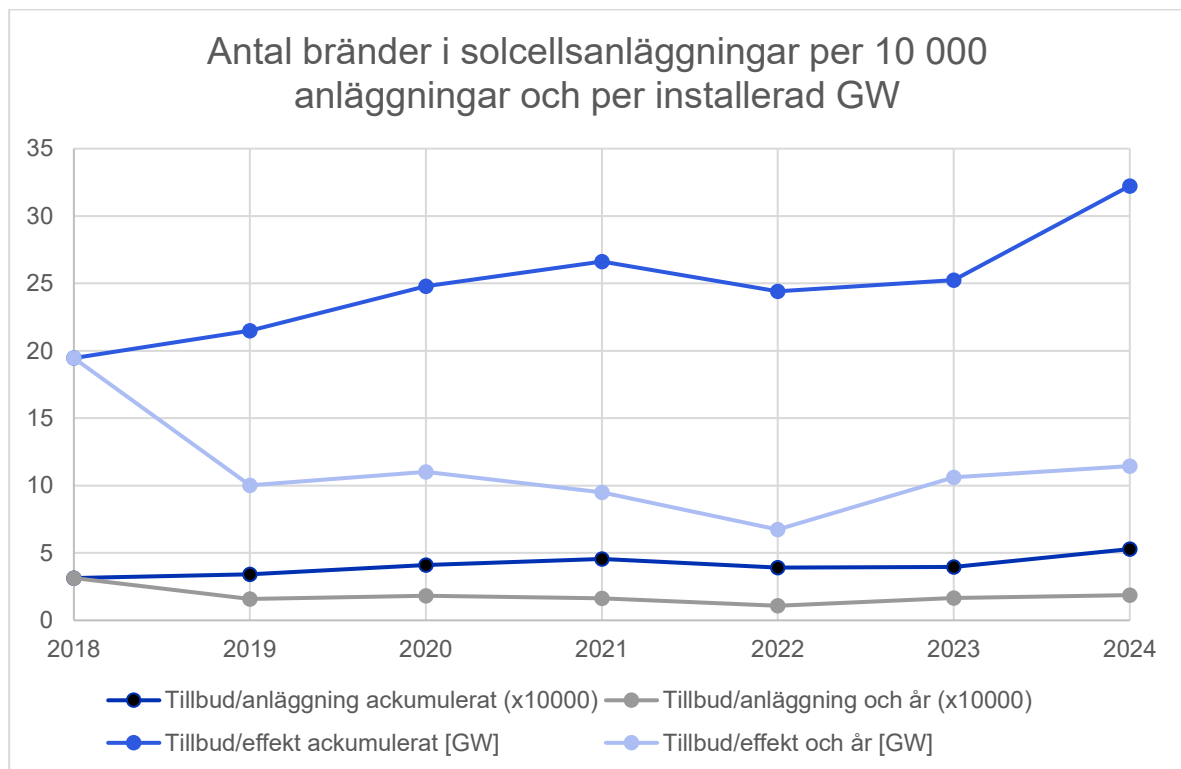
Figur 5. Antal inträffade bränder och antalet anläggningar samt antalet tillbud per 10 000 anläggningar.

I enlighet med ovan kan det konstateras att uppskattningen om ca en brand per 10 000 anläggningar ger en relativt god bild av risken enligt svenska förhållanden och att per effekt så är siffran snarare runt en brand per 100 MW installerad effekt. Det kan dock konstateras att inget av måtten återspeglar problembilden som helhet då det i Elsäkerhetsverkets sammanställning är tydligt att risken är betydligt större både för medelstora anläggningar (>20 kW) samt för stora anläggningar (>1000 kW). Sammantaget står medelstora och stora anläggningar för cirka 57 % av bränderna trots att de endast utgör cirka 11 % av antalet anläggningar. Per installerad effekt är risken ungefär likvärdig i små och medelstora anläggningar, med cirka en brand per 100 MW installerad effekt, men ungefär dubbelt så stor i stora anläggningar, alltså cirka en brand per 50 MW installerad effekt [9].

Av statistiken ovan kan det även konstateras att båda måtten på sannolikhet för brand är relativt stabila över den studerade tidsperioden. Det bör dock noteras att brandtillbud i solcellsanläggningar inträffar med en viss fördröjning, vilket innebär att de relativa talen är förskjutna jämfört med installationstalen. Enligt en tysk sammanställning sker cirka 35 % av bränderna i samband med installation eller under anläggningens första år och cirka 50 % av bränderna inträffar inom två år från att anläggningen installerats [23], vilket indikerar att antalet brandtillbud kommer följa kurvorna för antalet anläggningar/installerad effekt, relativt nära. Under 2022 ökade antalet anläggningar med cirka 70 % och den installerade effekten ökade med cirka 50 %, vilket alltså indikerar att antalet brandtillbud i solcellsanläggningar, i absoluta tal, på nationell nivå sannolikt har, och fortsatt, kommer att öka. I relativa tal är det alltså inte säkert att trenden fortsätter vara lika stabil när en stor del av installationernas ålder ökar. Ytterligare statistiksammanställningar behövs alltså för att vidare kunna utvärdera de relativa måtten över tid.

Att måttet förändras beroende på tidsskalan illustreras även i Figur 6 nedan. Här ses skillnaden mellan att studera risken för brand årsvis och ackumulerat över tidsperioden. När den ackumulerade brandstatistiken beaktas är antalet bränder per 10 000 anläggningar och per installerad GW betydligt högre än om denna endast studeras årsvis.

Orsaken till att en brand uppstår kan vara många men av utförd forskning framgår att (1) bristfällig installation av systemet, (2) bristfälliga komponenter eller (3) bristfällig utformning/design av systemet är de huvudsakliga grundorsakerna [23], [24]. Sett till enskilda delar/komponenter anges brytare på likströmssidan som den vanligaste orsaken och bedöms ge upphov till ca 60 % av bränderna. Till sådana brytare hör exempelvis brandkårsbrytare, men även andra brytare förekommer. I statistiken har även växelriktare och likströmskontakter en något förhöjd brandrisk jämfört med övriga komponenter i anläggningen. I den svenska statistiken [9] är bedömningen att likströmskablage och don är den största brandkällan, följt av själva DC-brytare så som brandkårsbrytare eller liknande. Det anges dock att startobjekt varit svårt att bedöma och att statistiken därför ska ses som mycket osäker. Oaktat detta finns det onekligen brandrisker förknippade med brandkårsbrytare som rapporterats [25]. En möjlig lösning som föreslagits för att minska risken med denna typ av brytare är att överdimensionera strömklassen för brytaren [3]. Hur mycket detta påverkar risken är dock inte utrett.



Figur 6. Antal bränder i solcellsanläggningar per 10 000 anläggningar och per installerad GW, årsvis och ackumulerat över tidsperioden.

I jämförelse med andra typer av byggnadsbränder är antalet bränder i solcellsanläggningar i nuläget inte anmärkningsvärda [9]. Exempelvis inträffar ungefär dubbelt så många bränder per 10 000 skorstenar än det gör per 10 000 solcellsanläggningar. I jämförelse med andra elrelaterade bostadsbränder är storleksordningen på solceller och sådana bränder liknande på årsbasis. Här bör det dock återigen poängteras att rapporteringen kring solcellsbränder är bristfällig och det förekommer osäkerheter i dataunderlaget.

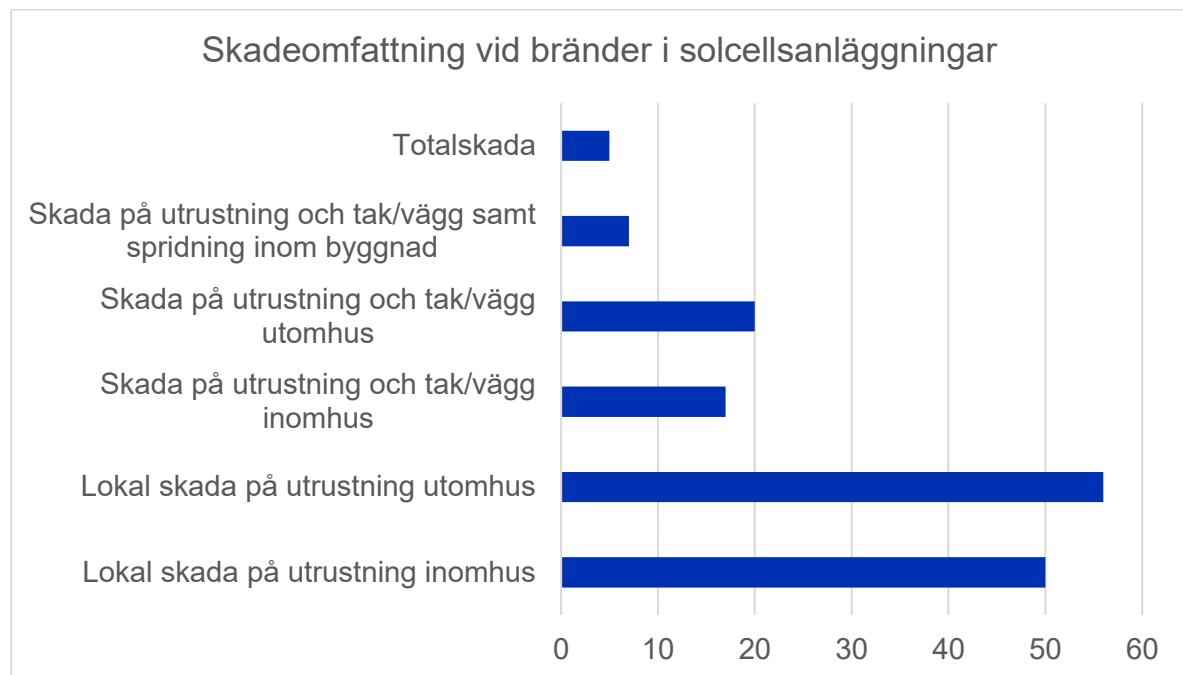
För risk för antändning av solpaneler finns det ett standardiserat brandprov som beskrivs i SS-EN IEC 61730-2 [26]. Testet utförs i två delar; med en brännare för att studera brandspridningslängd samt med träblock i olika storlek för att testa motståndet mot antändning från flygande brinnande bråte. Enligt standarden kan solcellerna klassificeras med Klass A, B eller C där A innebär bäst motstånd mot antändning. Liknande tester finns även i den amerikanska standarden UL1703. Dessa tester utförs endast med solpanelerna och har alltså inte med komponenten branddynamiken även påverkas av samspelet mellan panel och takmaterial.

Tillgänglig statistik visar att största riskfaktorerna relaterade till brands uppkomst i solcellsanläggningar är kopplade till installationen. Att säkerställa att denna projekteras och utförs korrekt, med välfungerande komponenter, bedöms minska riskerna väsentligt. Vidare bedöms riskerna kunna minskas med regelbundna kontroller av anläggningen, något som är särskilt viktigt de första åren som anläggningen är i drift. Det är dock ofrånkomligt att risken för att en brand

uppkommer ökar med en solcellsinstallation på taket jämfört med ett tak där en sådan installation inte förekommer.

3.7.2 Konsekvens av bränder i solcellsanläggningar

På liknande sätt som i avsnitt 3.7.1 har insatsrapporter studerats för att avgöra omfattning på skada efter bränder där solcellsanläggningen bedömts vara brandstiftare. Denna data redovisas i Figur 7 nedan.



Figur 7. Skadeomfattning vid bränder i solcellsanläggningar under perioden 2018–2024.

Av statistiken ovan kan det konstateras att ca 70 % av bränderna endast ger en lokal skada på utrustning som berör själva solcellsanläggningen. Det kan exempelvis vara en brand som begränsas till en enskild brytare, solpanel, eller liknande. I ca 20 % av fallen sker en spridning till intilliggande yta, normalt tak eller vägg, men branden begränsas innan den sprider sig vidare. För ungefär 10 % av bränderna har en mer omfattande spridning skett och i ca 3 % av fallen har bränderna lett till en totalskada av byggnaden. I de flesta fall där totalskada skett har det varit lantbruksbyggnader där det kan antas att tiden till brand identifierats och även tiden till insats varit relativt lång. Som tillägg till denna data kan det nämnas att mycket av skadorna erfarenhetsmässigt² beror på släckvatten från räddningstjänsten vid insats.

3.7.3 Påverkan på branddynamik

Att solpaneler påverkar branddynamiken vid en brand på taket har konstaterats i ett antal studier [21], [27], [28], [29]. Hur denna påverkar risken vid brand i olika typer av konstruktioner är inte lika väl etablerat. Av testerna framgår att med likvärdig initialbrand friliggande respektive under en solpanel så är brandlasten som taktäckningen utsätts för väsentligt högre i fallet med solpanelen.

² Baseras på uppgifter från fastighetsägare.

Detta då solpanelen skapar ett utrymme ovan taket där uppvärmning av både tak och solpanel sker, vilket innebär att taket (om detta är brännbart) i större utsträckning blir involverat i branden. Se illustration i Figur 8. Observera dock att testerna på platta tak indikerar att branden i många fall självslocknar inom någon meter när flamfronten passerar solpanelens gränser, om endast taktäckningen (ej isolering/underliggande konstruktion) är brännbar [28]. Det finns dock fall då branden spridit sig i taktäckningen även på delar där solcellerna inte varit närvarande. Det är alltså inte helt uteslutet med en sådan brand, även om tester visar att sannolikheten inte är överhängande.



Figur 8. Illustrativ jämförelse mellan en friliggande brand på ett tak och en brand under en solpanel. Röd markering indikerar en illustrativ jämförelse i delar av taktäckningen som involveras i branden.

För tak med lutning och i fall med takpapp så finns det dock risk att takpappen smälter och skapar en pölbrand som kan medföra att branden sprids vidare [30]. Detta kan påverka risken för brandspridning för byggnader med solcellsanläggningar där takpapp används som taktäckning.

Vid brandprovning av taktäckning för brandklass, ($B_{ROOF}(t_2)$), vilket är den brandklass för taktäckning som krävs i Sverige i de fall materialet inte är obrännbart, så testas materialet med en friliggande brandkälla. En solcellsanläggning kan således påverka branddynamiken vid en brand på taket så att brandlasten blir högre än den som taket är provad för.

Enligt Boverkets tjänst PBL kunskapsbanken [7] finns kravställningen på taktäckningen för att minimera risken för att en flygbrand får fäste i taket och att brandspridning sker ner i byggnaden eller i värsta fall vidare till andra byggnader. Solpaneler som inte är integrerade i taket är generellt inte att betrakta som en del av taktäckningen, vilket innebär att kraven i bygglagstiftningen inte är direkt tillämpliga. Dock anger Boverket att grundkraven för brandskydd enligt Plan- och Byggeförordningen ändå ska uppfyllas, vilket innebär att kraven i byggreglerna kan vara vägledande. I vägledningen från Boverket diskuteras kravnivån dock primärt relaterat ovasidan på solpanelen, vilken då alltså skulle kunna innebära att panelen vid en brand ovanifrån ska uppfylla $B_{ROOF}(t_2)$. Boverket anger dock att det vanligtvis finns förmildrande omständigheter, så som att solpanelerna endast täcker delar av taket. Envergrepande genomgång visar dock att de flesta solpaneler på marknaden inte har testats för kraven på taktäckning.

För fasader är kravbilderna motsvarande, det vill säga det finns krav på brännbara fasader i byggreglerna men om solcellerna placeras utanför klimatskalet blir det mer diffust vad som gäller. Generellt kan det dock konstateras att för att uppnå det brandskydd som eftersträvas i

byggreglerna så behöver fasader med solpaneler uppfylla de krav som ställs på brandskydd i byggreglerna. Även här visar en övergripande genomgång att sådana klassningar/brandprover normalt inte är utförda för de produkter som finns på marknaden.

Sammantaget framgår att kravbilden i byggreglerna gällande solpaneler inte är solklar men att grundläggande krav för brandskydd fortsatt ska upprätthållas. Detta kan uppnås på olika sätt, men bör behandlas i samband med installation. Det kan även konstateras att solpaneler kan påverka branddynamiken både på fasader och tak, vilket kan innebära att material som uppfyller korrekta klasser vid brandprovning inte nödvändigtvis gör det i kombination med solpaneler. Saker som har påverkan på branddynamiken och som kan behöva utvärderas är bland annat: avstånd mellan panel och tak/fasad, lutning på panelen, underliggande/bakomliggande material och storleken (area) på anläggningen.

3.7.4 Risk för brandspridning till underliggande material

I enlighet med föregående avsnitt är det tydligt att en solcellsanläggning innebär en förhöjd risk för att en brand uppkommer och anläggningen påverkar sannolikt branddynamiken där den är installerad. En relevant faktor att utvärdera är därför hur stor risk det är att en brand sprider sig ner genom takkonstruktionen och vidare ner i byggnaden om den inträffar. Det bör dock noteras att det inte finns några krav på detta utifrån byggreglerna, men det är en faktor som väsentligt kan påverka omfattningen av en skada om en brand uppstår.

Det finns ett antal genomförda försök där temperaturgenomträngningen i takkonstruktionen under en brinnande solpanel har studerats. I olika försök har olika parametrar studerats och det har bland annat konstaterats att horisontella solpaneler ger större brandpåverkan på platta takkonstruktionen än lutande paneler [21], [31]. Det har även konstaterats att större avstånd mellan solpanel och tak ger mindre brandpåverkan. I småskaliga försök konstaterades det att ett avstånd mellan en horisontell panel och tak som är större än 12 cm innebär en avsevärd minskning av brandpåverkan mot takkonstruktionen jämfört med mindre avstånd [31]. Avståndet kan dock vara beroende av flera olika parametrar, så som tak- och solpanelsmaterial och ska därför ses som en indikation på branddynamikspåverkan snarare än en rekommendation på faktiskt avstånd.

Vidare har olika konfigurationer och takisoleringar provats för att se huruvida de kan skydda underliggande material mot skadliga temperaturer. Här har försök visat att både PIR och stenullsisolering kan skydda underliggande material om tjockleken är tillräcklig. I studier med låglutande paneler konstaterades det att 30 mm stenull skyddade EPS från antändning (men inte från smältskador) samtidigt som 40 mm PIR inte gav motsvarande skydd [28]. I en annan studie visades dock att 60 mm PIR och 50 mm stenull skyddade underliggande EPS-isolering från antändning i ett stort antal olika provningar med både horisontella och lutande paneler [31]. Temperaturmätningarna i isoleringen visar även att 50 mm PIR eller stenull innebär temperaturer som understiger de som kan förvänta antända en underliggande träbaserad skiva. Vidare visar försök att aluminiumskyddad stenull ger betydligt lägre temperaturgenomträngning än fritt exponerad [28]. Detta indikerar att takuppställningar med exempelvis takplåt på underliggande stenullsboard, ger ett bättre skydd än det som provats i försöken ovan.

Det finns även tester där försöksuppställningar med plåtskivor använts för att imitera återstrålningen från solpaneler mot taket. I dessa försök har risken för genombränning av takmaterialet studerats. I sådana tester har takpapp klassad $B_{ROOF}(t_2)$ på en 22 mm tjock träbaserad skiva utsatts för brandpåverkan menad att efterlikna en solcellsbrand. Försöken visade

en inbränning som motsvarar cirka 3 till 16 minuter av en exponering enligt standardbranden [30]³. I försöken visade sig den träbaserade skivan stå emot branden tillräckligt för att inga höga temperaturer skulle uppstå under denna i takkonstruktionen. Dock skapades i vissa försök bränder där takmaterialet fortsatte brinna även när tändkällan tagit slut och i vissa fall smälte även taktäckningen (bitumenbaserad takpapp klassad i B_{ROOF}(t2)) vilket skapade en pölbrand nedanför försöksriggen. Detta indikerar att brännbara taktäckningar och takkonstruktioner kan innebära större risk för brandspridning.

Det finns även ett antal utförda storskaliga försök där EPS-isolering skyddats med en fibercementskiva vid brand i solpaneler [32], [33], [34]. Dessa försök visar att en 12 mm fibercementskiva skyddar EPS-isoleringen från höga temperaturer och det är i princip inga skador på isoleringen i samtliga utförda försök.

Det finns även produktspecifika tester, där tunnare skyddsbarriärer testats och visat sig kunna skydda underliggande material från antändning. Data från sådana provningar är dock generellt inte publikt tillgängliga och tillämpligheten behöver utvärderas från fall till fall.

Sammantaget kan det konstateras att en obrännbar takkonstruktion minskar riskerna vid en brand i en solcellsanläggning avsevärt. Det finns dock andra skyddsåtgärder som också innebär minskade risker, exempelvis genom skydd med stenull, PIR-isolering eller fibercementskivor i takkonstruktionen alternativt olika typer av barriärskivor. Några försök med andra vanliga svenska takuppställningar, exempelvis tegelpannor på råspont, har inte identifierats. Riskerna för sådana konstruktioner är därför svåra att bedöma.

3.7.5 Risk för räddningstjänsten vid insats

Solceller innebär risker för räddningstjänsten vid insats på olika sätt. Riskerna kan sammanfattas i punkter [35], [36]:

- Strömgenomgång på grund av direkt eller indirekt kontakt med elkomponenter
- Halk- och fallrisk på grund av den hala ytan på solpanelerna
- Kollaps av taket och/eller solcellsanläggningen
- Skadliga brandgaser från solcellerna
- Sämre tillgång till taket för exempelvis håltagning och släckning

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) har gett ut en riktlinje till räddningstjänsten för att hantera dessa risker på bästa sätt vid insats [37]. Denna är dock under revidering och utförda försök har visat att flera av de situationer som tidigare bedömts vara riskfyllda har bedömts vara "tämligen ofarliga" [38]. Arbete med en ny vägledning pågår och publikation förväntas under 2025.

I utförd litteraturstudie inom ramen för detta projekt har det inte hittats några svenska eller internationella fall där solceller orsakat skador på brandmän. Solceller ingår heller inte i skadesammanställningen för brandmän som den amerikanska organisationen NFPA tar fram [39].

Oaktat hur stor den verkliga risken är vid insats egentligen så kan otillräcklig information för en solcellsanläggning leda till fördröjningar i räddningstjänstens insats, vilket i sin tur kan leda till större konsekvenser vid brand. I internationella studier har det konstaterats att brandmän, vid insats där

³ Observera att inbränningen baseras på kompletterande information till försöken.

en solcellsanläggning finns, bedömer riskerna större med solcellsanläggningen än med själva branden [40]. Detta bekräftas även i svensk nyhetsrapportering, där släckningsarbete blivit fördröjt av rädsla för solcellsanläggningar [41], [42].

Av ovanstående kan det konstateras att korrekt information om solcellsanläggningen, förmedlad på ett sätt som räddningstjänsten enkelt kan uppfatta, är en viktig del av att öka tryggheten hos räddningstjänstens personal och samtidigt minska riskerna för omfattande skador om en brand uppstår.

4. WORKSHOP OCH INTERVJUER

I syfte att få förståelse för hur olika aktörer förhåller sig till de råd- och riktlinjer som finns idag genomfördes ett antal workshops med intressenter i branschen. Totalt deltog 28 personer och deltagare representerade olika räddningstjänster, försäkringsbolag, fastighetsägare och brandkonsulter, med flera. Se Figur 9 för en komplett sammanställning. Här kan det noteras att deltagandet från räddningstjänster var något begränsat. Dock har fler räddningstjänster medverkat i arbetet utöver workshop-arbetet och ett antal ytterligare räddningstjänster fick möjlighet att kommentera på utkastet till riktlinjer innan dessa publicerades.



Figur 9. Fördelning av deltagare baserat på vilken organisation de arbetar på.

Under workshopen redovisades utdrag ur de riktlinjer som finns hos räddningstjänsterna och andra organisationer. Kopplat till de olika riktlinjerna/rekommendationerna fick deltagarna i gruppen utrymme att tala fritt kring deras inställning till kraven, och huruvida de ger den säkerhetsnivå som rådet antas ha instiftats för att uppfylla. Ämnena delades upp i olika underkategorier och de vanligaste rekommendationerna i riktlinjerna hanterades.

Vidare undersöktes deltagarnas inställning till ett antal övergripande frågor, så som om det finns behov av en nationell riktlinje, vilken organisation som bör stå bakom en sådan riktlinje samt om den ska innehålla delar riktade mot egendomsskydd eller enbart fokusera på insatssäkerhet.

Nedanstående fyra områden utgjorde huvudrubriker för diskussion under workshoparna:

- Säkerhetshöjande åtgärder och risk för brandspridning
- Montering
- Skyltning och information
- Drift och underhåll

- Övergripande utformning av en riktlinje

Nedan redogörs för dessa olika delar i mer detalj.

Intervjuerna som genomfördes berörde vissa av frågorna i mer detalj och genomfördes med bland annat utbildare för insatser vid solcellsanläggningar och tillverkare/leverantörer av solcellsanläggningar.

4.1 Säkerhetshöjande åtgärder och risk för brandspridning

Som nämns i avsnitt 3.2 innehåller samtliga riktlinjer från räddningstjänsterna en rekommendation med någon form av möjlighet att kunna bryta strömmen från solcellerna så nära panelen som möjligt, om växelriktaren inte är placerad i anslutning till panelerna. För att kunna säkerställa bortkoppling föreslås att manöverdon till säkerhetsbrytare för likström (när det finns) ska placeras vid insatsväg eller, där brandförsvarstablå finns, i anslutning till denna.

I diskussionerna konstaterades det att rekommendationerna antas syfta till att räddningstjänsten vill undvika långa dolda likströmskablage som kan riskeras att kapas/påverkas av misstag.

En komponent som diskuterades mycket var brandkårsbrytaren, vars funktion är att säkerställa frångkoppling av likströmskablagen vid en brand. I diskussionerna nämndes att studier indikerar att en överdimensionerad brandkårsbrytare skulle kunna vara acceptabel ur säkerhetssynpunkt (se avsnitt 3.7.1), men att denna åtgärd ännu inte införlivats i några riktlinjer. Det diskuterades även att fler och fler fall där brandkårsbrytaren varit brandorsak uppkommit på senare år. Detta ofta till följd av korrosion som inte upptäckts på grund av bristande motionering/underhåll.

En möjlighet för att öka säkerheten i en solcellsanläggning är så kallad *rapid shutdown* – en snabb nedkoppling av solcellsanläggningen. Denna typ av installation är dock kostnadsdrivande (under diskussionerna uppskattades kostnadsökning till cirka 10 % av den totala installationskostnaden), men flera försäkringsbolag bedömer den som ett effektivt verktyg för att bryta ljusbågar och därmed minska risken för brand. Ur ett räddningstjänstperspektiv fanns dock frågor om huruvida dessa system uppfyller den funktion som förväntas gällande säkerhet vid insats. Vidare diskuterades även andra åtgärder inom samma område, exempelvis tydlig kabeldragning och/eller minskning av dolt kablage, som av flera aktörer bedömdes kunna ge motsvarande säkerhet till lägre kostnad.

Ett annat sätt att minska riskerna som diskuterades var att skapa särskilda klippzoner i anläggningen. Detta är tydligt uppmärkta zoner i kablagen där räddningstjänsten säkert kan klippa kablar, vilket kan ersätta funktionen hos exempelvis en brandkårsbrytare. Detta är ett systemtänk som det finns verkliga exempel på som hänvisades till under workshopen.

Gällande risken för brandspridning var ett återkommande tema i diskussionen takets uppbyggnad och hur det påverkar brandrisken vid solcellsinstallationer. Beroende på hur "obrännbart takmaterial" formuleras och tolkas i riktlinjer så konstaterades det att det kan framstå som att plåttak ovanpå brännbar isolering (exempelvis EPS eller PUR) skulle vara acceptabelt ur brandsynpunkt. Dock betonade flera försäkringsbolag att detta inte är en lösning de anser vara tillräckligt säker. Samtidigt gavs även från försäkringssidan exempel på att vissa kombinationer, som vissa typer av PIR-isolering med plåt, ändå kan fungera relativt bra, förutsatt att andra brandskyddsåtgärder är på plats. Denna syn speglar behovet av en objektspecifik riskbedömning snarare än generella regler.

Avseende säkerhetshöjande åtgärder återgavs erfarenhet av att tidig detektion vid brand kan vara avgörande och att skadorna ofta är betydligt mindre om branden upptäcks tidigt. Något som i alla fall delvis även bekräftas av statistiken i avsnitt 3.7.2. Att ha detektion i takytor – särskilt vid installation på befintliga byggnader med brännbart tak – skulle kunna ge räddningstjänsten större möjlighet att agera snabbt, vilket minskar skadeomfattningen. Sådana lösningar bedömdes dock av flera aktörer vara förknippade med stora utmaningar, både tekniskt och ekonomiskt. Det finns dock studier som indikerar att detektion med värmekabel skulle kunna vara en fungerande lösning [43].

4.2 Montering

I de flesta riktlinjer från räddningstjänsterna anges att möjlighet till håltagning i yttertak ska beaktas och det anges då också i flera fall att solcellsinstallationen inte bör placeras så att den sträcker sig över brandväggar. Syftet som diskuterades bedömdes vara att möjliggöra insatser med håltagning i tak i de fall detta är en förväntad insatstaktik. Det framkom dock att håltagning är en relativt ovanlig insatstaktik och att det inte är aktuellt i många takkonstruktioner, exempelvis tak på betongbjälklag eller i fall där invändiga insatsvägar och brandgasventilation finns tillgängliga. I vissa fall genomförs även så kallade "inspektionssnitt" i taket, för att försäkra sig om att branden inte spridit sig dolt. Det finns dock även fall då håltagning används för att skapa en begränsningslinje vid exempelvis brandväggar. Representanter från räddningstjänsten påpekade här att många av de råd som förekommer är just rekommendationer och att de kan vara brett formulerade för att de ska passa alla byggnader. Syftet är att beakta räddningstjänstens arbetsutrymme på taket vid utformning av byggnader. Det diskuterades vidare att det finns ett behov av nyansering kring den här typen av riktlinjer.

I diskussionerna kring att begränsa brandens spridning över brandväggar framkom att riktlinjen från början tros härstamma från tyska regelverk/standarder och att den sen successivt anammats även i olika svenska riktlinjer. I praktiken har detta krav lett till osäkerhet och förvirring inom branschen, särskilt vad gäller solcellsanläggningar och möjligheten till håltagning i tak. Formuleringen har även varierat i olika riktlinjer med varierande termer som brandcellsgränser, brandväggar, brandkammor och brandhämmande konstruktioner. Det har gjort att det finns vissa osäkerheter kring när denna riktlinje egentligen är aktuell att tillämpa och vad syftet med den har varit. Det finns dock indikationer på att den från början avsett avstånd till brandväggar som bryter takkonstruktionen.

Ett annat område som diskuterades var riktlinjer för att minska egendomsskador. Det redogjordes för fall där bristfällig kommunikation/kravställning mellan fastighetsägare, försäkringsbolag och räddningstjänst försvårat projektering, planering och genomförande av olika brandsäkerhetsåtgärder för solcellsanläggningar. Detta på grund av olika synsätt och prioriteringar kopplat till åtgärderna. Det konstaterades dock av samtliga deltagande parter att insatsstöd för räddningstjänsten som tydligt redogör för brandtekniska aspekter för solcellsanläggningen kan avsevärt förbättra räddningstjänstens insatsmöjligheter och på så vis även förbättra egendomsskyddet.

Gällande takmaterial hade försäkringsbolagen tydliga åsikter och det förekom flera exempel på vad som upplevdes som säkra/osäkra lösningar. Till exempel, fanns tydlig avrådan från vissa bolag från att installera solceller på brännbara tak såsom EPS eller trä. Det förekom även rekommendationer på att installera termiska barriärer, till exempel PIR eller stennull, ovanför takmaterial med sämre motståndskraft mot brand.

4.3 Skyltning och information

I samtliga riktlinjer från räddningstjänsten föreslås att det ska skyltas så det framgår att det finns solceller i bygganden och de flesta föreslår även att det ska finnas en översiktsritning över anläggningen samt kontaktuppgifter till någon med kunskap om anläggningen. Syftet med detta bedömdes vara att ge räddningstjänsten erforderlig information om anläggning för att kunna effektivisera sin släckinsats. Detta bedömdes vara en mycket viktig faktor för att både öka insatssäkerhet och egendomsskydd.

Utifrån räddningstjänsternas perspektiv beskrivs information om anläggningen som väldigt värdefull. Här påpekades att även eftersläckningsarbetet är viktigt att beakta. Tid på dygnet och rådande väderlek kan påverka huruvida solcellerna producerar el eller inte, vilket i sin tur kan ge påverkan på eftersläckningen. Att då ha möjlighet att få information om anläggningens utformning och även viktiga kontakter till anläggningsskötare eller liknande kan vara avgörande för en framgångsrik insats.

Under diskussionerna framkom även att utbildning av räddningstjänstens personal bedöms vara en viktig komponent i att genomföra effektivare och säkrare insatser mot solcellsanläggningar. Här redogjordes för ett pågående arbete hos MSB, där framtagande av riktlinjer för räddningstjänstens insats är under utveckling.

4.4 Drift och underhåll

Det noterades under diskussionerna att det generellt saknas rekommendationer om drift och underhåll i de olika riktlinjer som finns. Denna aspekt bedöms ofta hamna mellan stolarna i och med att installationen är att betrakta som en elinstallation, vilket gör att brandkonsulter normalt anser att detta ligger utanför deras ansvar. Samtidigt kan det finnas rent brandtekniska komponenter eller aspekter som inte bedöms beröras av elinstallationen och således inte täcks av det drift och underhåll som föreskrivs i den. Det ställs även krav på dokumenterad fortlöpande kontroll av starkströmsanläggningar enligt ELSÄK-FS 2022:3.

I diskussionerna konstaterades det att det kan finnas behov av att ta fram drift- och underhållsinstruktioner fokuserade på brandskyddsdelarna av en installation. Det kan exempelvis innebära regelbunden motionering av eventuella brandkårsbrytare eller kontroll av synliga tecken på brandrisk (exempelvis löv under paneler, skador på komponenter eller liknande).

4.5 Övergripande utformning av en riktlinje

För att få deltagarnas syn på den övergripande utformningen av en riktlinje användes en mentimeter-undersökning där deltagarna fick svara anonymt på olika frågor. Syftet var att få en tydlig inriktning för utformningen av riktlinjen.

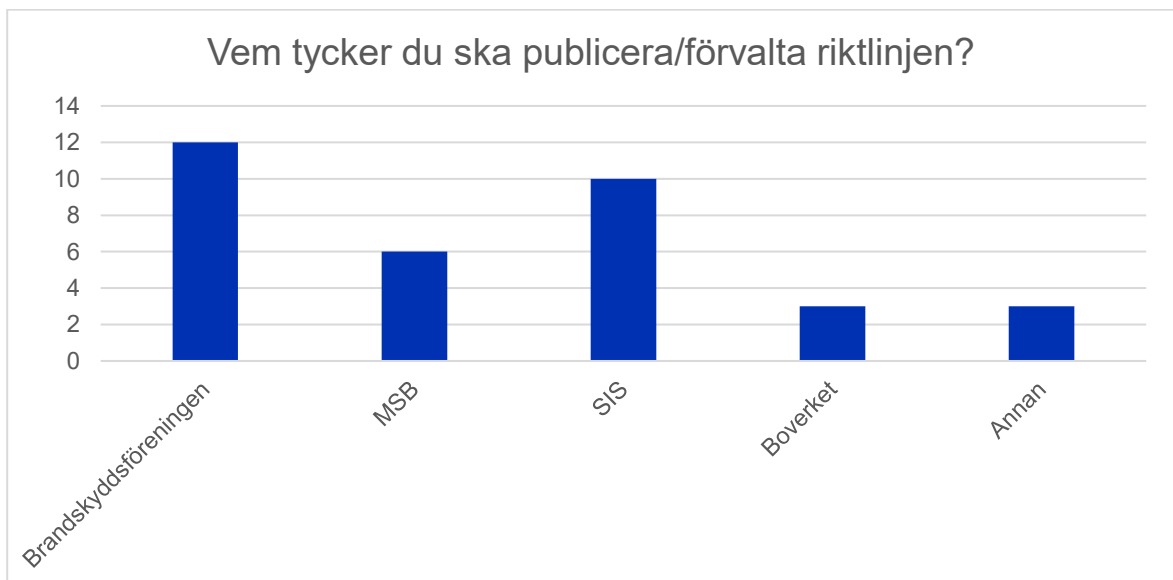
Gällande huruvida det fanns ett behov av en nationell riktlinje svarade samtliga deltagare "ja", vilket understryker behovet av det aktuella projektet. Gällande hur riktlinjen skulle utformas, fanns dock mer avvikande åsikter. Exempelvis ansåg ca 2/3 av deltagarna att riktlinjen bör delas in i en grundnivå och en utökad nivå, där den tidigare fokuserar på insatssäkerhet och den senare på egendomsskydd, se Figur 10.



Figur 10. Resultat från workshopfrågan om riktlinjen ska delas in i en grundnivå och en "utökad" nivå.

Vidare undersöktes huruvida deltagarna ansåg att riktlinjen skulle omfatta samtliga solcellsanläggningar eller om den skulle begränsas till större anläggningar. Här frågades även hur en sådan begränsning i så fall bör formuleras, i form av en viss maxeffekt eller i form av anläggningar kopplade till vissa byggnadstyper, exempelvis villor. Här ansåg en tydlig majoritet att en begränsning bör göras och att den bör kopplas till villor och liknande byggnadstyper.

En annan fråga som diskuterades var vilken organisation som deltagarna ansåg skulle publicera och förvalta en riktlinje om brandskydd för solcellsanläggningar. Resultaten visas i Figur 11.



Figur 11. Resultat från workshopfrågan om vem som ska äga riktlinjen.

5. FAKTORER ATT BEAKTA FÖR BRANDSKYDD I SOLCELLSANLÄGGNINGAR

Med grund i litteraturstudien i avsnitt 3 och de utförda workshoparna som summerats i avsnitt 4 har ett antal relevanta faktorer att beakta för brandskydd i solcellsanläggningar identifierats. Dessa kan summeras under tre olika huvudkategorier; (1) faktorer som berör räddningstjänstens insats, (2) faktorer som ökar egendomsskyddet och (3) faktorer som berör drift- och underhåll. Faktorerna beskrivs vidare nedan.

5.1 Faktorer som berör räddningstjänstens insats

Huvudsyftet med aktuell rapport är att säkerställa trygghet hos räddningstjänsten vid insatser där solcellsanläggningar är involverade i, eller påverkar, brandområdet. Med grund i litteraturstudien och workshoparna bedöms nedanstående delar vara viktiga att beakta för att minska riskerna vid insats där solcellsanläggning förekommer.

5.1.1 Risk för strömgenomgång

För att minska risken för att räddningspersonalen drabbas av strömgenomgång vid insats behöver det vara tydligt var spänningsförande likströmsdelar i anläggningen förekommer. Vid dolda, eller omfattande, dragningar kan fränkopplingsmöjlighet vara en viktig del av skyddet. Om fränkoppling är tänkt skyddsåtgärd behöver det vara tydligt för räddningstjänsten hur fränkoppling sker och vilka delar av anläggningen som faktiskt görs strömlösa. Se även avsnitt 5.1.3 om information.

5.1.2 Insatssäkerhet på, och i anslutning till, tak

Om räddningstjänsten kan förväntas använda taket vid insats är det viktigt att anläggningen inte påverkar insatsen negativt. Detta innebär att tillgång till luckor för brandgasventilation som kan behöva manövreras manuellt, eller liknande, behöver finnas. I tak där håltagning kan förväntas vara en del av räddningstjänstens insats behöver möjlighet för sådan säkerställas utan att räddningstjänsten först behöver demontera delar av anläggningen.

Utöver åtkomst till installationer och möjlighet till håltagning behöver risken för nedfallande delar vid brand minimeras. Detta kan innebära krav på tålighet i montagesystemet och/eller avstånd till takkant vid lutande tak.

5.1.3 Information

Den mest avgörande faktorn för räddningstjänstens insats bedöms vara korrekt information om anläggningen. Denna information kan förmedlas genom en insatsplan om byggnaden har en sådan eller via ett enklare insatskort vid byggnadens angreppsväg.

Den information som räddningstjänsten behöver är enligt workshoparna/litteraturstudien:

- Tydlig skyltning att det finns en solcellsanläggning på byggnadens tak.
- Översiktsritning/insatskort över anläggningen där följande framgår:
 - Spänningskablage inkl. delar som kan/inte kan göras spänningslöst.
 - Var/hur nödstopp av anläggning sker.
 - Eventuella installationer på tak som berör insats, t.ex. brandgasventilation.

- Eventuell underliggande brandcellsindelning och zoner för tänkt håltagning om aktuellt.
- Kontaktuppgifter till anläggningsskötare/-ägare.
- Kontaktuppgifter till installatör.
- Tydlig skyltning av kritiska delar av anläggningen, t.ex. manöverdon för avstängning, brandkårsbrytare eller liknande.

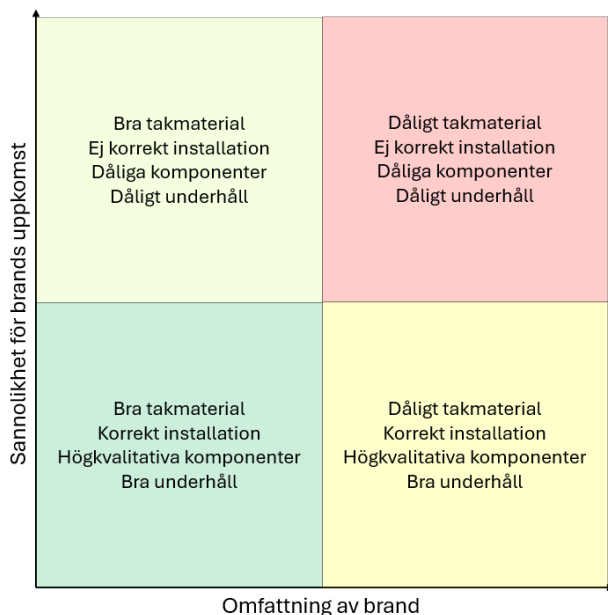
MSB har tagit fram rekommendationer för insatskort för energilagring och solcellsanläggningar som bland annat innehåller informationen ovan på ett strukturerat sätt [44].

5.2 Faktorer som påverkar egendomsskyddet

Litteraturstudien visar att fyra huvudsakliga faktorer påverkar risken för omfattande skador till följd av brand i solcellsanläggningar. Dessa är:

- Takmaterial
- Kvalitet på installation,
- Kvalitet på komponenter,
- Underhåll av anläggningen (se separat huvudrubrik),

Ovanstående faktorer illustreras i figuren nedan. Illustrationen avser även visa att takmaterialets påverkan på risken generellt är högre än övriga faktorer. Utökad risk för brands uppkomst men med bra underliggande takmaterial innebär alltså generellt en lägre riskbild än motsatsen, alltså låg sannolikhet för brands uppkomst men ett dåligt underliggande takmaterial. Illustrationen baseras på [18].



Figur 12. Illustration av olika faktorerers påverkan på den sammanvägda risken vid brand i solcellsanläggningar.

Faktorerna ovan utvecklas vidare nedan.

5.2.1 Takmaterial

Takmaterialen är den kanske mest avgörande faktorn för riskbilden från en solcellsanläggning. Detta då takmaterialen är den faktor som till största del avgör omfattningen, alltså konsekvensen, av en brand. Obrännbar taktäckning och takkonstruktion innebär att även om en brand skulle uppstå, så är den begränsad till solcellsanläggningen, vilket avsevärt minskar riskbilden av branden. Det är dock förhållandevis sällan som hela takkonstruktionen utförs obrännbar.

De försök som redogjorts för i avsnitt 3.7.4 visar att det finns andra lösningar än helt obrännbara material som också ger erforderligt skydd mot underliggande material. Utifrån testerna kan olika takkonstruktioner rangordnas enligt följande:

Risknivå	Hög	Brännbar taktäckning (t.ex. takpapp)	Ingen barriär	Mycket brännbar konstruktion (t.ex. EPS-isolering)
		Obrännbar taktäckning (t.ex. takplåt)	Ingen barriär	Mycket brännbar konstruktion (t.ex. EPS-isolering)
		Brännbar taktäckning (t.ex. takpapp)	Ingen barriär	Brännbar konstruktion (t.ex. uppstolpat trätak)
		Obrännbar taktäckning (t.ex. takplåt)	Ingen barriär	Brännbar konstruktion (t.ex. uppstolpat trätak)
		Brännbar taktäckning (t.ex. takpapp)	Skyddande barriär (t.ex. stenull/PIR/fibercement)	Mycket brännbar konstruktion (t.ex. EPS-isolering)
		Obrännbar taktäckning (t.ex. takplåt)	Skyddande barriär (t.ex. stenull/PIR/fibercement)	Mycket brännbar konstruktion (t.ex. EPS-isolering)
		Brännbar taktäckning (t.ex. takpapp)	Skyddande barriär (t.ex. stenull/PIR/fibercement)	Brännbar konstruktion (t.ex. uppstolpat trätak)
		Obrännbar taktäckning (t.ex. takplåt)	Skyddande barriär (t.ex. stenull/PIR/fibercement)	Brännbar konstruktion (t.ex. uppstolpat trätak)
		Brännbar taktäckning (t.ex. takpapp)	Ingen barriär	Obrännbar isolering/konstruktion
	Låg	Obrännbar taktäckning (t.ex. takplåt)	Ingen barriär	Obrännbar isolering/konstruktion
		Taktäckning	Barriär/underlag	Isolering/konstruktion

Figur 13. Illustration av övergripande riskvärdering av olika takkonstruktioner.

Observera dock att ovanstående indelning endast är indikativ och att det finns andra typer av barriärer/konstruktioner som kan ge både bättre och sämre skydd. Barriärerna kan även prestera olika bra beroende på vilket det underliggande materialet är. T.ex. har EPS lägre antändningstemperatur än trä, vilket gör att skyddet mot underliggande EPS behöver vara större än mot en träkonstruktion. Barriärer som rekommenderas redogörs vidare för nedan. Riskvärderingen fokuserar även på själva takkonstruktionen, vilket innebär att underliggande delar inte är med. Om den underliggande konstruktionen är avskiljande, t.ex. ett betongbjälklag, innebär det en mindre risk för brandspridning och skador vidare ner i byggnaden. Det rekommenderas därför att även den delen av konstruktionen vägs in i en riskvärdering, när det är aktuellt.

Utifrån de utförda försöken i avsnitt 3.7.4 kan följande konstruktioner bedömas utgöra en riskminskande barriär mot ett underliggande brännbart material/isolering mot underliggande trämaterial:

- 30–50 mm stenullsskiva
- 50–60 mm PIR

Följande konstruktioner bedöms kunna utgöra riskminskande barriär mot underliggande EPS:

- 50–70 mm stenullsskiva
- 60–80 mm PIR
- 12 mm fibercementskiva

Observera att ovanstående utformningar inte eliminerar risken för skador på träunderlag/EPS fullständigt utan förkolning eller smältskador och i värsta fall även brandspridning kan förekomma. Med det övre värdet i spannet för stenull och PIR samt om en fibercementskiva tillämpas bedöms dock denna risk vara avsevärt reducerad.

Utöver ovanstående finns det även specifika produkter som kan agera skyddande barriärer/underlag. I sådana fall bör utförande grundas i storskalig provning.

5.2.2 Installation och komponenter

En stor andel av bränderna som inträffar i solcellsanläggningar uppstår på grund av felaktigheter vid installation eller att komponenterna är av låg kvalitet. Om korrekt installation med högkvalitativa komponenter utförs minskar risken för brands uppkomst alltså avsevärt.

Vid installation ska det säkerställas att installationen utförs av ett företag som är registrerat hos Elsäkerhetsverket⁴. Det finns även certifieringar hos både Boverket och Svensk Solenergi för certifiering av montörer/installatörer. Utöver detta har även Installatörsföretagen tagit fram branschregler som de kallar Säker Sol [6], vilket är en helhetslösning för att kvalitetssäkra installationen av en solcellsanläggning. Vidare finns ett antal guider och riktlinjer att följa på internet, bland annat hos Boverket⁵, Svensk Solenergi⁶ och Elsäkerhetsverket⁷. Vägledning för kontroller inför idrifttagande finns även i SS-EN IEC 62446-1.

Brandtekniskt är det viktigt att i utförandekontroll eller motsvarande säkerställa att det finns korrekta och relevanta egenkontroller på installationen, att eventuella brandfunktioner (t.ex. brytare av likströmskablage om aktuellt) är avprovade och fungerar samt att korrekt skyltning och information om anläggningen finns.

5.3 Drift- och underhåll

För att minimera risken för brands uppkomst över tid krävs ett strukturerat underhåll av anläggningen. För att säkerställa korrekt drift i anläggningen och identifiera möjliga risker så behöver det finnas en kontrollplan. Kontrollerna behöver genomföras regelbundet och resultaten dokumenteras. I enlighet med kraven i ELSÄK-FS 2022:3 ska det även finnas en dokumenterad plan för fortlöpande kontroll av starkströmsanläggningar. Här bör även brandtekniska aspekter inarbetas.

I enlighet med ELSÄK-FS 2022:3 bör det av drift- och underhållsplanen framgå:

⁴ <https://www.elsakerhetsverket.se/kollaelforetaget>

⁵ https://www.boverket.se/sv/energiguiden/energirenovera-smahus/5.valja_atgarder/solel/

⁶ <https://svensksolenergi.se/att-installera-solenergi/fem-tips/>

⁷ <https://www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-solceller/>

- kontrollernas omfattning och intervall,
- vilka kontrollmetoder som ska användas vid de olika kontrollerna, exempelvis okulär kontroll, isolationsprovning eller termografering,
- hur resultatet av kontrollerna dokumenteras,
- hur brister som upptäcks genom kontrollerna ska omhändertas, och
- vilka som har i uppgift att genomföra kontrollerna och vilken typ av kompetens som krävs för de olika kontrollerna.

Vägledning för drift- och underhåll finns även i SS-EN IEC 62446-2 (samt -3 för termografering).

6. FUNKTIONSKRAV OCH RIKTLINJER FÖR SOLCELLSANLÄGGNINGAR

I detta avsnitt redovisas förslag till riktlinjer för solcellsanläggningar. Rekommendationerna i riktlinjerna baseras på aktuellt forskningsläge samt rekommendationer i olika riktlinjer som förekommer idag. De baseras även på erfarenheter från insatser, övningar och statistik.

Riktlinjerna redovisas som funktionskrav med tillhörande detaljerad riktlinje för att underlätta tillämpning. Grundsytet är att ge en funktion som kravställning för att tydliggöra vad syftet med riktlinjen är. Detta underlättar att bedöma om den detaljerade riktlinjen behöver uppfyllas eller om funktionen kan uppnås på annat sätt, alternativt om funktionen är irrelevant för anläggningen av någon anledning.

Riktlinjen är indelad i ett avsnitt som syftar till att säkerställa säkerhet för räddningstjänsten vid insats och ett avsnitt som syftar till att ge vägledning till fastighetsägare som vill ha ett utökat egendomsskydd för sin solcellsanläggning.

Nedan är **funktionskrav** skrivna med fet och understruken text, följt av **detaljerad riktlinje** i fet text och sist en förklaring av syftet med funktionskravet respektive riktlinjen. En version med endast funktionskrav och detaljerad riktlinje finns i Bilaga A.

Dessa riktlinjer riktar sig inte primärt till mindre anläggningar på villor eller liknande. Riktlinjerna kan dock användas som inspiration för anläggningsägare även för sådana anläggningar för att höja brandsäkerheten.

6.1 Funktionskrav och riktlinjer för säker insats

Nedan listas funktionskrav och riktlinjer för att säkerställa en säker, och effektiv, insats för räddningstjänsten när det finns en solcellsanläggning i byggnaden.

Funktionskrav 1: Längden på likströmskablage ska minimeras

Detaljerad riktlinje 1: Växelriktare/säkerhetsbrytare bör placeras så nära solcellspanelerna som möjligt. Om långa invändiga/dolda dragningar behövs för att nå växelriktaren bör en brytare, eller motsvarande, för likströmmen installeras för att kunna göra dessa dragningar spänningslösa.

Om en särskild brytare ("brandkårsbrytare") installeras ska denna installeras på lämplig plats och överdimensioneras. Regelbundna kontroller/provningar av brytaren ska arbetas in i kontrollplanen för systemet. Det bör även finnas en indikation som bekräftar att brytaren gjort kablagen spänningslöst.

Syftet med funktionskravet att begränsa längden på likströmskablage är att minska risken för att räddningstjänsten behöver hantera riskerna med spänningssatt kablage under insats. I system där växelriktaren inte har en inbyggd säkerhetsbrytare är det alltså säkerhetsbrytarens placering som är den viktiga. De flesta växelriktare har dock inbyggd säkerhetsbrytare idag.

Att placera växelriktaren/säkerhetsbrytaren så nära panelerna som möjligt innebär i normalfallet att likströmskablage accepteras på taket och in i exempelvis ett teknikutrymme i anslutning till

yttertaket. Längre dragningar inomhus, exempelvis från yttertak till en växelriktare i källaren, betraktas alltså i normalfallet som ett kablage som behöver ytterligare skyddsåtgärder.

Brytare på likströmssidan medför alltid en förhöjd risk för uppkomst av brand och bör om möjligt undvikas. Finns det ingen annan utformning för att undvika långa dolda likströmsdragningar inne i byggnaden kan det dock ändå behövas. I så fall bör brytaren installeras på en plats som är väderskyddad, fri från brännbart material och den bör även överdimensioneras för att minska risken för ljusbågar på grund av åldring. Med överdimensionering avses exempelvis att brytaren ska klara minst 125 % av kortslutningsströmmen vid STC, i enlighet med SS 436 40 00 bilaga 712B.2. Brytaren behöver även ingå i ett kontrollprogram och motioneras regelbundet. Vidare är det rekommenderat att installera en indikering (t.ex. lampa eller liknande) som bekräftar att kablaget har blivit spänningslöst när brytaren aktiverats. Detta för att säkerställa att räddningstjänsten får korrekt information och inte riskerar att behandla spänningssatt kablage som spänningslöst om brytaren felfungerar.

Ett alternativ till "brandkårsbrytare" är att upprätta särskilda "klippzoner" där räddningstjänsten kan klippa av kablage utan att riskera att bli del av kretsen. Sådana zoner är i dagsläget ovanliga och om sådana införs kan det därför behövas särskilda avstämningar med den lokala räddningstjänsten och även tydlig information på plats för hur zonerna är tänkta att fungera.

Ytterligare alternativ som minskar riskerna med spänningssatt likströmskablage är optimerare och "rapid shutdown"-system. Med sådana system reduceras riskerna med likströmskablaget avsevärt vilket kan ge en friare utformning av anläggningen. Dock bedöms sådana system i de flesta fall inte behövas om växelriktare/säkerhetsbrytare placeras nära solcellspanelerna. Med tanke på att alla tillkommande system och brytare utgör en möjlig tändkälla och därmed ger en utökad risk för uppkomst av brand bör behovet av sådana system utvärderas i varje enskilt fall, och om möjligt undvikas.

Funktionskrav 2: Det ska tydligt framgå var likströmskablage förekommer och vilka delar som kan förväntas vara spänningssatta även efter att anläggningen fränkopplats

Detaljerad riktlinje 2: Likströmskablage bör markeras på insatskort för anläggningen (se separat funktionskrav/riktlinje) och dolt kablage bör förses med markering/skyltning likt nedan.



Figur 14. Markering för dolt förlagd likströmskabel. Anammat från [19].

Syftet med funktionskravet är att tydliggöra för räddningstjänsten var likströmskablage förekommer och vilka delar av anläggningen som är spänningssatta även efter fränkoppling. Krav på markering av dolt likströmskablage finns även i SEK Handbok 457. Det bör även gå att skilja på polariteten på kablarna, exempelvis genom färgmarkering eller skyltning/markering av polaritet vid utsatta platser (t.ex. vid genomföringar).

På insatskortet bör det framgå var likströmskablagen går och vilka delar som fortsatt är spänningssatta efter att anläggningen fränkopplats vid växelriktare/säkerhetsbrytare eller genom annan utrustning.

Funktionskrav 3: Räddningstjänsten ska ha tillgång till, och kunna hantera/manövrera, den utrustning och de installationer som de kan behöva hantera under insats.

Detaljerad riktlinje 3: Tillgång till brandgasventilation och annan utrustning som räddningstjänsten kan förväntas behöva nå under insats ska säkerställas. Fritt avstånd till brandgasluckor bör vara minst 0,5 meter. Om tillträdesväg är via tak (taket går inte att nå med räddningstjänstens utrustning, t.ex. höjdfordon) bör det säkerställas att det finns en tillträdesväg fram till brandgasventilationen som är fri från solpaneler. Om luckorna har både motoriserad öppning och stängning kan kortare avstånd utvärderas.

Syftet med funktionskravet är att räddningstjänsten ska kunna nå och, på ett säkert sätt, använda den utrustning som de behöver vid insats. På tak är den vanligaste installationen som kan vara aktuell brandgasventilation för vind, men även andra installationer/utrustning kan vara aktuell. Om utrustningen kan manövreras från annan plats, exempelvis motoriserade brandgasluckor, så finns inte samma behov av avstånd och andra utformningar kan därför utvärderas.

Funktionskrav 4: Räddningstjänsten ska ha tillgång till rätt information för att genomföra en säker insats.

Detaljerad riktlinje 4: Vid insats behöver räddningstjänsten via tydlig skyltning och/eller insatskort eller liknande få information om anläggningen. Vid skyltning bör det tydligt framgå:

1. Att solceller finns i byggnaden ska tydligt framgå i insatsväg eller på fasad. Exempelvis genom skyltning enligt SEK Handbok 457.



Figur 15. Exempel på två olika sorters skyltning för att tydliggöra att solceller finns i byggnaden från SEK Handbok 457 [19].

2. Om det finns brytare/manöverdon som räddningstjänsten ska använda vid insats behöver funktion tydligt framgå. Exempelvis genom skyltning enligt MSB:s riktlinjer för insats.



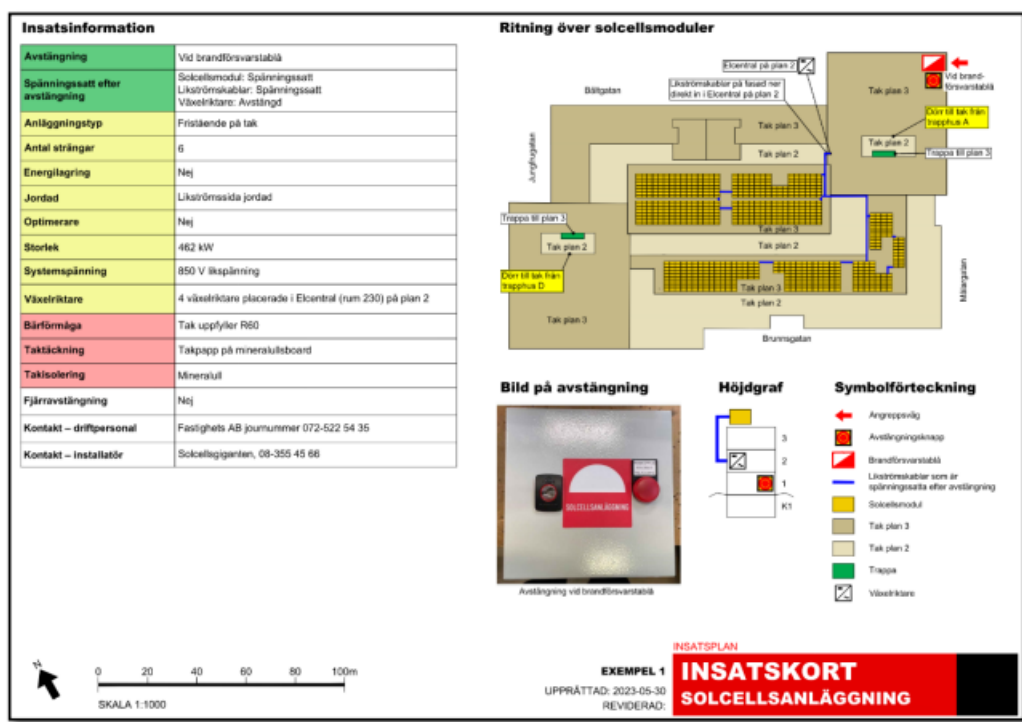
För räddningstjänst

Figur 16. Exempel på skyltning från MSB:s riktlinjer [37]. Observera att skyltningen är under översyn och kan komma att förändras i kommande uppdatering av MSB:s riktlinjer.

I huvudsaklig angreppsväg (normalt vid brandförsvarstablå eller i entré) bör det även finnas ett insatskort eller liknande där väsentlig information om anläggningen bör framgå. Insatskortet rekommenderas utgå från MSB:s riktlinjer om insatskort [44]. Minst följande bör dock framgå, om möjligt:

- Övergripande beskrivning av systemet inkl. översiktsbild av anläggningen som visar var solcellerna är placerade

- Orienteringsritningar som beskriver var brytare är placerade och vilka områden som blir spänningslösa respektive vilka delar som är fortsatt spänningsatta när avstängningsknappar aktiverats
- Vilka delar av systemet är konstant strömförande
- Om det går kablage invändigt i byggnaden och i så fall var
- Placering av växelriktare
- Kontaktuppgifter till anläggningsskötare
- Kontaktuppgifter till installatör/leverantör
- Om håltagning i taket kan vara aktuellt ska det finnas en ritning av solcellernas placering i förhållande till underliggande brandcellsindelning
- Om brandväggar förekommer i anslutning till anläggning ska det finnas en ritning av solcellernas placering i förhållande till dessa
- Om det finns brandkårsbrytare eller liknande utrustning ska det framgå var denna är placerad och vilka delar av systemet som påverkas av utrustningen



Figur 17. Exempel på insatskort enligt MSB:s riktlinjer [44]. Observera att utformningen av insatskort är under översyn och kan komma att förändras i kommande uppdateringar av MSB:s riktlinjer.

Syftet med funktionskravet är att räddningstjänsten på ett enkelt sätt ska få tillgång till den information de behöver för att genomföra en säker och effektiv insats. Både vid brand i själva anläggningen eller i en brand i byggnaden där anläggningen riskerar att bli påverkad.

Funktionskrav 5: Anläggningen ska utformas så att den inte påverkar räddningstjänstens insats avsevärt negativt.

Detaljerad riktlinje 5: Vid utformning bör nedanstående faktorer beaktas.

Om räddningstjänsten kan förväntas göra håltagning i taket vid insats behöver utrymme finnas för att tillåta detta. Det innebär att fri yta behöver finnas i anslutning till underliggande brandceller/brandväggar. Beroende på förväntad insatstaktik kan möjligheten till håltagning säkerställas genom fria ytor på någon sida av taket eller längs hela takytan i anslutning till brandcellen/brandväggen. Observera att håltagning i många fall inte kan förväntas, t.ex. vid betongbjälklag i takkonstruktionen, om det finns invändiga insatsvägar och brandgasventilation av vinden, eller i vissa fall om höjdfordon inte når taket. Detta bedöms även vanligare i fall med brandväggar som går igenom yttertak och på så vis tydligt markerar var brandsektionen avslutas i taket.

Det behöver säkerställas att anläggningen utförs så att delar, t.ex. solcellspaneler, inte riskerar att skada insatspersonal och utrymmande vid brand. Detta innebär att solcellspaneler som installeras på ett lutande tak eller på fasad behöver installeras på ett sådant sätt att montaget klarar förväntad brandpåverkan. Erfarenheter från bränder indikerar att montagesystem i aluminium (eller i mer brandtåliga material) klarar den påfrestning som kan förväntas på ett lutande tak. För fasader behöver dock ytterligare skydd mot förväntad brandpåverkan utredas och säkerställas. På platta tak kan kraven på montagesystem ersättas med ett avstånd till fasadlivet om 1,25 meter. Detta avstånd förväntas säkerställa att paneler inte faller ner utanför fasadliv vid brand.

Vid brandväggar som bryter yttertak ska även solcellsanläggningen brytas för att säkerställa att brandspridning inte sker över brandväggen. Detta bedöms uppfyllt om ett skyddsavstånd om 1,25 meter säkerställs på respektive sida om brandväggen. Observera att skyddsavståndet även gäller montagesystem. Det kan även uppfyllas genom att brandväggen dras upp så att den avslutas minst 0,5 meter ovan panelerna. Observera att även brandspridning via kablage behöver beaktas.

Syftet med funktionskravet är att säkerställa att solcellsanläggningen inte påverkar räddningstjänstens insatssäkerhet negativt. Faktorer som kan påverka insatsen negativt bedöms här primärt vara hinder för håltagning (om det är aktuellt), nedfallande solcellspaneler eller om byggnadens vitala brandtekniska begränsningslinjer påverkas negativt.

Om håltagning är aktuellt behöver utrymme för detta finnas och anläggningen bör utformas så att det inte finns solcellspaneler där håltagning kan tänkas behövas. För att bedöma om håltagning är en förväntad insatsstrategi kan byggnadens utformning användas som stöd. Håltagning är inte att förvänta i byggnader där taket är lagt ovanpå ett betongbjälklag, och i många fall då räddningstjänsten inte har tillgång till taket via höjdfordon samt om det finns invändiga angreppsvägar till vindsutrymme eller brandceller som ansluter till yttertak i kombination med brandgasventilation av dessa utrymmen. Om håltagning är att förvänta kan behovet av att anpassa anläggningen även bedömas utifrån om håltagning kan göras på sidor av taket som inte har solceller eller liknande. I fall där håltagning förväntas kan det vara bra att stämna av med den lokala räddningstjänsten hur strategin för håltagning är tänkt och vilken fri yta som därför behövs.

Nedfallande delar är primärt en risk på lutande tak, även om risken också till viss del finns på platta tak. För att skydda mot nedfall på grund av brand kan montagesystemet utföras så att det klarar förväntad brandpåverkan. Baserat på erfarenheter från inträffade bränder bedöms montagesystem i aluminium ha tillräckligt brandmotstånd för att klara den brandpåverkan som kan förväntas. För platta tak är risken mindre och montagesystem i t.ex. plast eller liknande kan tillåtas om anläggningen flyttas in från fasadlivet. Detta dels för att skydda montagesystemet från utvändiga flammor i fasaden och dels för att minska risken att solcellspanelerna faller ner utanför fasadliv om montagesystemet fallerar. Danska riktlinjer har bedömt att 1,25 meter är ett tillräckligt mått för att skydda mot dessa risker [16], vilket även bedöms som en rimlig riktlinje för svenska förhållanden. Om åtgärder genomförs för att begränsa risken kan dock andra avstånd tillämpas efter bedömning. Observera även att om brännbara montagesystem tillämpas, där detta är möjligt, behöver även den ökade brandlasten på taket beaktas, vilket kan leda till mer omfattande skador vid brand.

Vid brandväggar som bryter yttertaket behöver även solcellsanläggningen utföras så att inte risk finns för brandspridning över begränsningslinjen som brandväggen innebär. Här rekommenderas ett avstånd om 1,25 meter till brandväggen, vilket alltså innebär ett totalt avstånd om 2,5 meter mellan olika delar av solcellsanläggningen. Även detta avstånd är baserat på danska riktlinjer [16] och har även studerats med överslagsmässiga strålningsberäkningar⁸ för att bekräfta avståndets rimlighet. Här är det dock viktigt att även beakta riskerna med brandspridning via kablagen. Ett exempel på lösningar för att motverka spridning via kablagen kan vara att placera det i obrännbara skenor med brandtätning över brandväggen.

6.2 Funktionskrav och riktlinjer för utökat egendomsskydd

Nedan listas funktionskrav och riktlinjer för att förbättra egendomsskyddet när det finns en solcellsanläggning i byggnaden.

Funktionskrav 6: Solcellsanläggningen ska utformas så att det är låg risk för brandspridning till anslutande konstruktion. Detta kan innebära brandklassning av solcellspaneler och/eller montering av utrustning på material som innebär låg risk för vidare brandspridning i anslutande konstruktion.

Detaljerad riktlinje 6: Takkonstruktionen som solcellerna monteras på bör utformas med så låg risk för brandspridning som möjligt. Eventuella brännbara material i takkonstruktionen bör utformas så att de inte bidrar till vidare brandspridning i takkonstruktionen eller skyddas med en barriär som motverkar brandspridning från solcellerna ner i takkonstruktionen.

Skydd är särskilt avgörande kring riskutrustning, så som likströmsbrytare och liknande. Även växelriktare utgör riskutrustning och bör monteras på material som inte bidrar till vidare brandspridning om en brand uppstår i utrustningen.

Branden kan även begränsas av brandmotstånd i solpanelen, t.ex. genom brandklassning enligt SS-EN IEC 61730-2 eller motsvarande. Detta ersätter normalt inte behovet av brandmotstånd i takkonstruktionen, men kan vara en riskreducerande åtgärd på exempelvis befintliga tak där konstruktionen är utmanande att påverka.

⁸ Med en flamtemperatur på ca 800°C, emissivitet på 0,7 och en flamhöjd om 1,5 meter understiger infallande strålning 15 kW/m² på avståndet 2,5 meter, oavsett bredd på strålningskälla.

En brand i solcellerna som begränsas till själva solcellsanläggningen begränsar även egendomsskadan. Studier, och inträffade brandincidenter, visar att brännbara material kan begränsa skadan, t.ex. PIR-isolering i takkonstruktionen. Även olika typer av barriärer kan innebära att tillräckligt skydd mot brännbara material längre ner i en takkonstruktion. En begränsad brandskada bidrar även till ett minskat behov av en släckinsats, vilket ofta är en väsentlig orsak till omfattande egendomsskador vid brand. Riskvärderingen i avsnitt 5.2.1 kan användas som stöd för att avgöra risken med olika takkonstruktioner.

Särskilt viktigt är det att ha ett bra skydd mot brandspridning i anslutning till riskkomponenter, exempelvis likströmsbrytare (inkl. brandkårsbrytare) och växelriktare. I anslutning till sådana komponenter bör material väljas som begränsar en initialbrand i komponenterna till just den drabbade komponenten. Det kan exempelvis innebära att växelriktare monteras på gips utan brännbart material inom en meter från växelriktaren⁹. Detta gäller även i golv och tak i anslutning till växelriktaren då det finns risk för uppsläende flammor och även brinnande droppar om en brand uppstår.

Det finns även brandprovning av solpaneler som kan indikera ett utökat brandmotstånd i solcellsanläggningen, t.ex. SS-EN IEC 61730-2 eller UL 1703. I många fall är provningen begränsad till själva panelen, vilket därför endast delvis täcker brandriskområdet för en solcellsanläggning. Sådan provning kan dock vara en viktig komponent för att minska risken i befintliga tak där skyddsåtgärder kopplat till takutformningen är utmanande att ordna. Det bör dock noteras att även om åtgärder görs för att minska risken kopplat till komponenterna i en solcellsanläggning så går det inte att helt undgå risken för brands uppkomst. Därav är det alltid lämpligt att utvärdera befintliga takutformningars lämplighet för installation eller om åtgärder bör införas för att säkerställa bra egendomsskydd.

Funktionskrav 7: Det ska säkerställas att installationen utförs korrekt av tillräckligt kompetent personal och med komponenter av tillräckligt hög kvalitet samt att tillverkarens montageinstruktioner uppfylls.

Detaljer riktlinje 7: För att säkerställa korrekt installation bör en egenkontrollplan upprättas och följas. Ökad säkerhet ges även av en besiktning utförd av en oberoende part. I kontrollplanen/besiktningen behöver det bland annat säkerställas att leverantörens anvisningar gällande montage och installation uppfylls.

En korrekt installation minskar risken för brands uppkomst i solcellsanläggningen. Korrekt installation kan säkerställas genom att ett egenkontrollprogram upprättas och hålls samt genom att besiktningar av anläggningen genomförs innan den tas i bruk. Ett exempel på egenkontrollprogram som kan följas är Säker Sol¹⁰ eller liknande initiativ. Ur ett brandtekniskt perspektiv är det avgörande att alla eventuella säkerhetsfunktioner och brandtekniska aspekter kontrolleras och funktionstestas i samband med färdigställande. Detta gäller exempelvis säkerhetsbrytare, eventuell brandkårsbrytare, rapid shutdown-system och/eller andra eventuella säkerhetsfunktioner.

Förslag på egenkontroller finns i Bilaga C.

⁹ Baseras på liknande beräkningar som för solpaneler ovan. Observera dock att storlek på växelriktare varierar och måttet kan därför behöva anpassas efter storlek och mängd brännbart material.

¹⁰ <https://www.in.se/sakersol/#/>

Funktionskrav 8: Solcellsanläggningen ska underhållas och kontrolleras inom byggnadens systematiska brandskyddsarbete.

Detaljerad riktlinje 8: Kontroll av anläggningen bör göras regelbundet. Säkerhetsfunktioner bör provas av för att säkerställa korrekt funktion.

Korrekt underhåll minskar riskerna för brands uppkomst och säkerställer även att säkerhetsfunktioner fungerar när det behövs. Förslag på kontrollprogram finns i Bilaga D.

7. DISKUSSION

Den här rapporten baseras på befintliga riktlinjer, intervjuer, workshops och litteratur gällande brandsäkerhet i solcellsanläggningar. Underlaget är omfattande och det finns därför utmaningar i att sammanfatta samtliga delar till en riktlinje som samtliga organisationer/intressenter kan ställa sig bakom. I samtliga intervjuer/workshops har det dock framgått att just en gemensam riktlinje är önskvärd från alla parter, vilket understryker behovet av det utförda arbetet. För att väga olika organisationer/intressenters olika intressen mot varandra har en indelning av riktlinjerna gjorts genom att ge särskilda riktlinjer kopplade till insatssäkerhet och särskilda riktlinjer kopplade till utökat egendomsskydd.

Av inträffade bränder kan det konstateras att olika åtgärder som är avsedda att höja insatssäkerheten ofta påverkar brandrisken i anläggningarna negativt. Det är även svårt att avgöra huruvida den önskade säkerhetshöjningen av de olika komponenterna faktiskt inträffar. Sammantaget kan det konstateras att en enklare anläggning med färre kontakter/komponenter på likströmssidan ofta ger mindre risk för brands uppkomst och sannolikt även kan vara enklare för räddningstjänsten att förstå. I vissa fall kan det dock vara behövt med olika åtgärder för att minska långa dolda likströmskablage eller liknande. Denna riktlinje har för avsikt att ge vägledning gällande sådan avvägning.

En ytterligare faktor som påverkar riktlinjens utformning är de risker som räddningstjänsten kan förväntas utsättas för vid insats där en solcellsanläggning är involverad i, eller påverkar insatsen för, branden. Här indikerar utförda studier att riskerna kan vara överskattade, vilket även kan påverka behovet av skyddsutrustning. Det kan dock konstateras att oavsett den faktiska risknivån så kan upplevelsen av risk påverka insatsen negativt. Det har därför bedömts vara avgörande att det finns utförlig och korrekt information till räddningstjänsten där väsentliga risker framgår. Vidare bedöms det finnas ett behov av utbildning för räddningstjänsten i insatssäkerhet kopplat till solcellsanläggningar, vilket föreslås som ett vidare arbete. Ökad utbildning och kunskap i kombination med bättre informationsunderlag bedöms kunna väsentligt förbättra insatssäkerheten vid bränder där solcellsanläggningar är involverade.

Slutligen kan det konstateras att den ökande mängden solceller som installeras ofrånkomligen kommer leda till ett ökat antal inträffade bränder över tid. För fastighetsägare kan därför ett utökat egendomsskydd vara en viktig del i att skydda sina byggnader från de brandrisker som kan uppstå vid installation av solceller. Principen för att minska risken för omfattande skador vid installation av solceller är förhållandevis enkel. Sannolikheten för uppkomst av brand kan minskas genom korrekt installation, bra komponenter och väl utförd drift- och underhåll av anläggningen. Vidare kan konsekvensen av en brand minskas genom anläggningens utformning och, kanske mest avgörande, takkonstruktionens utformning. Den sammanvägda risken minskas avsevärt mer av konsekvensbegränsande åtgärder, det vill säga takkonstruktionens utförande är ofta viktigare än t.ex. installationskvalitet. Däremot innebär dessa åtgärder ofta större avvägningar och takutformningar med god motståndskraft mot brandpåverkan kan ha sämre egenskaper och/eller vara väsentligt dyrare än andra alternativ. Särskilt på befintliga tak kan åtgärder för att minska konsekvenserna vid brand i solcellerna vara så krävande att installationens ekonomiska rimlighet påverkas. Det kan då finnas skäl att t.ex. fokusera skydd kring riskområden, snarare än att ändra hela takupppbyggnaden. I avsnitt 5.2.1 ges även vägledning kring hur olika takutformningar kan riskvärderas, vilket kan ge stöd för fastighetsägare gällande behov av riskreducerande åtgärder.

8. SLUTSATS

Det finns ett starkt önskemål i branschen om att frångå den stora mängd olika lokala/aktörsspecifika riktlinjer som finns gällande brandskydd i solcellsanläggningar. Denna rapport ger därför förslag på nationella riktlinjer med förhoppningen att samtliga organisationer kan ställa sig bakom dessa. För att öka användbarheten av riktlinjerna är de även separerade i olika delar för insatssäkerhet och utökat egendomsskydd. Riktlinjerna är formulerade som funktionskrav kompletterade av mer detaljerade riktlinjer samt med en beskrivning av syftet med kravet/riktlinjen. Funktionskrav, riktlinjer och beskrivning av syftet finns i avsnitt 6 medan endast funktionskrav och riktlinjer finns i Bilaga A för insatssäkerhet och Bilaga B för utökat egendomsskydd.

För att förbättra egendomsskydd är kontroll av utförande och drift- och underhåll viktiga aspekter. Dessa aspekter beaktas dock sällan i dagens anläggningar och riktlinjer kring kontrollpunkter kopplat till brandskyddsaspekter både vid ibruktagande av anläggningen och under driftfasen saknas i mångt och mycket. Sådana kontrollpunkter har därför föreslagits i detta arbete. I Bilaga C finns förslag på kontrollpunkter vid ibruktagande och i Bilaga D

I arbetet framgår även att det finns framtida arbeten som skulle kunna bidra till ökad insatssäkerhet och förbättrat egendomsskydd. Förslag på sådana arbeten återges i avsnitt 9.

9. FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA ARBETEN

Nedan ges förslag på framtida arbeten som skulle kunna förbättra insatssäkerhet och/eller förbättra egendomsskydd i förhållande till bränder i solcellsanläggningar.

9.1 Brandtester av solceller på olika takkonstruktioner

I avsnitt 3.7.4 redogörs för olika tester som genomförts för att studera risken för att en brand i solcellerna sprider sig ner i takkonstruktionen. De tester som finns går att extrapolera till vissa vanliga svenska takkonstruktioner, men data kring många vanliga utföranden saknas fortsatt.

9.2 Brandtester av solceller på fasadkonstruktioner

I likhet med ovanstående punkt saknas helt brandtester av solceller på fasadkonstruktioner där acceptabel begränsning av brandspridning lyckats erhållas. Det bör därför genomföras vidare tester där olika typer av skyddsbarriärer studeras för att försöka eftersträva utföranden som skulle kunna accepteras på fasader.

9.3 Utbildningsinsatser för ökad insatssäkerhet

Litteraturstudien indikerar att det finns kunskapsluckor kopplat till insatser med solcellsanläggningar vilket kan påverka insatseffektiviteten. För att öka både säkerhet och effektivitet vid insats bör utbildningsinsatser göras för att höja räddningstjänstens kunskap och medvetenhet kring insatstaktik kopplat till solcellsanläggningar. Som tidigare nämnt i denna rapport pågår arbete med att uppdatera MSB:s riktlinjer för insatser med solcellsanläggningar, vilket är ett steg i rätt riktning. När riktlinjerna är uppdaterade behöver dock vidare utbildningsinsatser göras för att öka medvetenheten ute hos räddningstjänstens insatspersonal.

10. REFERENSER

- [1] 'Direktiv för byggnaders energiprestanda, EPBD', Boverket. Accessed: Sep. 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/direktiv-for-byggnaders-energi-prestanda/>
- [2] E. Parliament, 'EU Solar Energy Strategy | Legislative Train Schedule', European Parliament. Accessed: Sep. 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/package-repower-eu-plan/file-eu-solar-strategy>
- [3] P. Andersson *et al.*, 'Innovativa elsystem i byggnader – konsekvenser för brandsäkerhet', Brandforsk, Stockholm, Brandforsk 2019:6, 2019.
- [4] C. Winkler, M. Haegermark, and J. Magnusson, 'Solcellsanläggningar och brandsäkerhet', BeBo, Belok, Räddningstjänsten Storgöteborg, 2021.
- [5] Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 'Operativ metodik vid insatser där det finns solcellsanläggningar : vägledning', Karlstad, 2019.
- [6] Installatörsföretagen, 'Branschregler - Säker Sol', Stockholm, 2025.
- [7] 'Solpaneler', Boverket. Accessed: Jan. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/solpaneler/>
- [8] P.-O. Malmquist, 'Sammanställning av solcells-PM från lokala räddningstjänster', CIT Energy Management, 2021.
- [9] Elsäkerhetsverket, 'Bränder och brandtillbud i solcellsanläggningar', Kristinehamn, Dnr 24EV335, 2024.
- [10] Zurich Resilience Solutions, 'Photovoltaic (PV) systems on buildings - Pre-design, design, installation, and operation', 2024.
- [11] Allianz Risk Consulting, 'Fire Hazards of Photovoltaic (PV) Systems', 2019.
- [12] Swiss Re Institute, 'Rooftop solar: Emerging risk control needs for properties', 2024.
- [13] N. Rus and G. Jomaas, 'PV Guidelines - Are the recommendations sufficiently evidence-based?', *SFPE Eur.*, 2024.
- [14] Factory Mutual Insurance Company, 'FM Property Loss Prevention Data Sheets 1-15 - Roof-Mounted Solar Photovoltaic Panels', 2025.
- [15] FM Approvals, 'Examination Standard for Roof-Mounted Rigid Photovoltaic Module Systems', Class Number 4478, 2025.
- [16] Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut, 'Brandsikringsforanstaltninger for solcelleanlæg - Planlægning, installation og egenkontrol', DBI, Hvidovre, DBI Vejledning 39, 2024.
- [17] CFPA Europe, 'Photovoltaic systems: Recommendations on loss prevention', CFPA-E Guideline No 37:2018 F, 2018.
- [18] FRISSE and ZAG, 'Fire Safety Guideline for Building Applied Photovoltaic Systems on Flat Roofs', 2024.
- [19] SEK Svensk Elstandard, 'Solceller - Råd och regler för elinstallationen', SEK Handbok 457, 2019.
- [20] Energimyndigheten, 'Nätanslutna solcellsanläggningar'. Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/official-energystatistik/tillforsel-och-anvandning/natanslutna-solcellsanlaggningar/>
- [21] J. S. Kristensen, 'Fire risk associated with photovoltaic installations on flat roof constructions: experimental analysis of fire spread in semi-enclosures', Mar. 2023, doi: 10.7488/era/3170.
- [22] SPW, 'The facts on the fire risks of rooftop solar arrays', Solar Power World. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.solarpowerworldonline.com/2020/11/the-facts-on-the-fire-risks-of-rooftop-solar-arrays/>
- [23] A. Sepanski *et al.*, 'Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization', TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Cologne, 2018.

- [24] M. Gradecka and Y. Lethbridge, 'Fires and solar PV systems - Investigations Evidence', BRE National Solar Centre, Cornwall, P100874-1004, Issue 2.9, 2018.
- [25] 'Brandkårsbrytare kan utgöra risk', Svensk Solenergi. Accessed: May 30, 2025. [Online]. Available: <https://svensksolenergi.se/brandkarsbrytare-kan-utgora-risk/>
- [26] TÜV Theinland Energie und Umwelt GmbH, 'Requirements for Photovoltaic Modules Tested under Fire Conditions According to IEC 61730-2', 2011.
- [27] J. S. Kristensen, B. Jacobs, and G. Jomaas, 'Experimental Study of the Fire Dynamics in a Semi-enclosure Formed by Photovoltaic (PV) Installations on Flat Roof Constructions', *Fire Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 2017–2054, Jul. 2022, doi: 10.1007/s10694-022-01228-z.
- [28] J. S. Kristensen, B. Merci, and G. Jomaas, 'Fire-induced reradiation underneath photovoltaic arrays on flat roofs', *Fire Mater.*, vol. 42, no. 3, pp. 316–323, 2018, doi: 10.1002/fam.2494.
- [29] M.-C. Despinasse and S. Krueger, 'First developments of a new test to evaluate the fire behavior of photovoltaic modules on roofs', *Fire Saf. J.*, vol. 71, pp. 49–57, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.firesaf.2014.11.011.
- [30] R. Stolen, J. S. Fjærestad, R. Fjellgaard Mikalsen, and G. Jomaas, 'Experimental study of fire propagation on sloped roof with building applied photovoltaics', *J. Phys. Conf. Ser.*, 2024, doi: 10.1088/1742-6596/2885/1/012047.
- [31] J. S. Kristensen, B. Jacobs, and G. Jomaas, 'Experimental Study of the Fire Dynamics in a Semi-enclosure Formed by Photovoltaic (PV) Installations on Flat Roof Constructions', *Fire Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 2017–2054, Jul. 2022, doi: 10.1007/s10694-022-01228-z.
- [32] A. R. Hameete, 'Test report - Large-scale fire test on a flat roof system with EPS insulation and a cement-bonded particle board fire barrier, with a PVC roof waterproofing sheet', Kiwa, Gorinchem, 25L0053/1, 2025.
- [33] A. R. Hameete, 'Test report - Large-scale fire test on a flat roof system with EPS insulation and a cement-bonded particle board fire barrier', Kiwa, Gorinchem, 24L0474/3, 2024.
- [34] A. R. Hameete, 'Test report - Large-scale fire test on a flat roof system with EPS insulation and a cement-bonded particle board fire barrier, with a bitumen roof waterproofing sheet', Kiwa, Gorinchem, 25L0053/2, 2024.
- [35] D. Rådemar, S. Levin, and M. Genberg, 'Risker kopplade till ny teknik i byggnader - Kunskapsunderlag', WSP, Linköping, 2021.
- [36] Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 'Kartläggning risker vid räddningsinsats i samband med brand i solcellsanläggning', MSB, Karlstad, 2014.
- [37] Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 'Operativ metodik vid insatser där det finns solcellsanläggningar : vägledning', Karlstad, 2019.
- [38] Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 'Tester med solceller och säkerheten vid släckningsarbete'. Accessed: Aug. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/aktuellt/nyheter/2024/december/tester-med-solceller-och-sakerheten-vid-slackningsarbete/>
- [39] R. Campbell, S. Hall, and J. Petrillo, 'United States Firefighter Injuries in 2023', National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2024.
- [40] S. Namikawa, 'Photovoltaics and Firefighters' Operations: Best Practices in Selected Countries', New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program Report IEA-PVPS T12-09:2017, 2017.
- [41] SVT Nyheter, 'Solceller hindrade släckningen vid takbranden – farligt för räddningstjänsten', SVT Nyheter. Accessed: Aug. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/smaland/solceller-pa-tak-farliga-for-raddningstjansten-vid-brander>
- [42] 'Solceller försvårade vid hotellbrand'. Accessed: Aug. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.brandskyddsforeningen.se/tidningen-brandsakert/artiklar/solceller-forsvarade-vid-hotellbrand/>

- [43] K. Simakovs, 'About using Linear Heat Detection systems in PV-related fires', ZAG Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Ljubljana, 366/25-560-1-EN, 2025.
- [44] Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 'Insatskort för energilagring och solcellsanläggningar', MSB, Karlstad, 2023.

BILAGA A – FÖRSLAG TILL NATIONELLA RIKTLINJER FÖR INSATSSÄKERHET I SOLCELLSANLÄGGNINGAR

Nedan listas funktionskrav och riktlinjer för att säkerställa en säker, och effektiv, insats för räddningstjänsten när det finns en solcellsanläggning i byggnaden.

Funktionskrav 1: Längden på likströmskablage ska minimeras

Detaljerad riktlinje 1: Växelriktare/säkerhetsbrytare bör placeras så nära solcellspanelerna som möjligt. Om långa invändiga/dolda dragningar behövs för att nå växelriktaren bör en brytare, eller motsvarande, för likströmmen installeras för att kunna göra dessa dragningar spänningslösa.

Om en särskild brytare ("brandkårsbrytare") installeras ska denna installeras på lämplig plats och överdimensioneras. Regelbundna kontroller/provningar av brytaren ska arbetas in i kontrollplanen för systemet. Det bör även finnas en indikation som bekräftar att brytaren gjort kablagen spänningslöst.

Syftet med funktionskravet att begränsa längden på likströmskablage är att minska risken för att räddningstjänsten behöver hantera riskerna med spänningssatt kablage under insats. I system där växelriktaren inte har en inbyggd säkerhetsbrytare är det alltså säkerhetsbrytarens placering som är den viktiga. De flesta växelriktare har dock inbyggd säkerhetsbrytare idag.

Att placera växelriktaren/säkerhetsbrytaren så nära panelerna som möjligt innebär i normalfallet att likströmskablage accepteras på taket och in i exempelvis ett teknikutrymme i anslutning till yttertaket. Längre dragningar inomhus, exempelvis från yttertak till en växelriktare i källaren, betraktas alltså i normalfallet som ett kablage som behöver ytterligare skyddsåtgärder.

Brytare på likströmssidan medför alltid en förhöjd risk för uppkomst av brand och bör om möjligt undvikas. Finns det ingen annan lösning för att undvika långa dolda likströmsdragningar inne i byggnaden kan det dock ändå behövas. I så fall bör brytaren installeras på en plats som är väderskyddad, fri från brännbart material och den bör även överdimensioneras för att minska risken för ljusbågar på grund av åldring. Med överdimensionering avses exempelvis att brytaren ska klara minst 125 % av kortslutningsströmmen vid STC, i enlighet med SS 436 40 00 bilaga 712B.2. Brytaren behöver även ingå i ett kontrollprogram och motioneras regelbundet. Vidare är det rekommenderat att installera en indikering (t.ex. lampa eller liknande) som bekräftar att kablagen har blivit spänningslöst när brytaren aktiverats. Detta för att säkerställa att räddningstjänsten får korrekt information och inte riskerar att behandla spänningssatt kablage som spänningslöst om brytaren felfungerar.

Ett alternativ till "brandkårsbrytare" är att upprätta särskilda "klippzoner" där räddningstjänsten kan klippa av kablage utan att riskera att bli del av kretsen. Sådana zoner är i dagsläget ovanliga och om sådana införs kan det därför behövas särskilda avstämningar med den lokala räddningstjänsten och även tydlig information på plats för hur zonerna är tänkta att fungera.

Ytterligare alternativ som minskar riskerna med spänningssatt likströmskablage är optimerare och "rapid shutdown"-system. Med sådana system reduceras riskerna med likströmskablaget avsevärt vilket kan ge en friare utformning av anläggningen. Dock bedöms sådana system i de flesta fall inte behövas om växelriktare/säkerhetsbrytare placeras nära solcellspanelerna. Med tanke på att alla tillkommande system och brytare utgör en möjlig tändkälla och därmed ger en utökad risk för uppkomst av brand bör behovet av sådana system utvärderas i varje enskilt fall, och om möjligt undvikas.

Funktionskrav 2: Det ska tydligt framgå var likströmskablage förekommer och vilka delar som kan förväntas vara spänningssatta även efter att anläggningen fränkopplats

Detaljerad riktlinje 2: Likströmskablage bör markeras på insatskort för anläggningen (se separat funktionskrav/riktlinje) och dolt kablage bör förses med markering/skyltning likt nedan.



Figur 18. Markering för dolt förlagd likströmskabel. Anammad från [19].

Syftet med funktionskravet är att tydliggöra för räddningstjänsten var likströmskablage förekommer och vilka delar av anläggningen som är spänningssatta även efter fränkoppling. Krav på markering av dolt likströmskablage finns även i SEK Handbok 457. Det bör även gå att skilja på polariteten på kablarna, exempelvis genom färgmarkering eller skyltning/markering av polaritet vid utsatta platser (t.ex. vid genomföringar).

På insatskortet bör det framgå var likströmskablaget går och vilka delar som fortsatt är spänningssatta efter att anläggningen fränkopplats vid växelriktare/säkerhetsbrytare eller genom annan utrustning.

Funktionskrav 3: Räddningstjänsten ska ha tillgång till, och kunna hantera/manövrera, den utrustning och de installationer som de kan behöva hantera under insats.

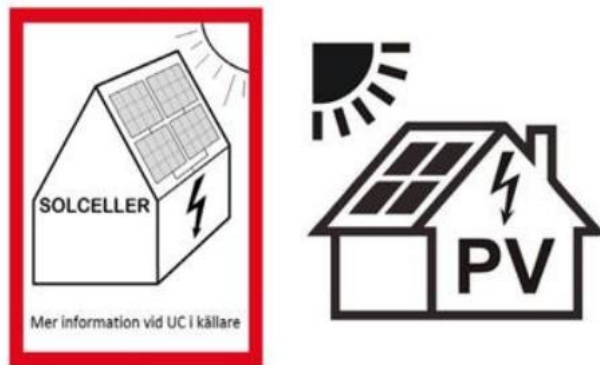
Detaljerad riktlinje 3: Tillgång till brandgasventilation och annan utrustning som räddningstjänsten kan förväntas behöva nå under insats ska säkerställas. Fritt avstånd till brandgasluckor bör vara minst 0,5 meter. Om tillträdesväg är via tak (takets gångräddningstjänstens utrustning, t.ex. höjdfordon) bör det säkerställas att det finns en tillträdesväg fram till brandgasventilationen som är fri från solpaneler. Om luckorna har både motoriserad öppning och stängning kan kortare avstånd utvärderas.

Syftet med funktionskravet är att räddningstjänsten ska kunna nå och, på ett säkert sätt, använda den utrustning som de behöver vid insats. På tak är den vanligaste installationen som kan vara aktuell brandgasventilation för vind, men även andra installationer/utrustning kan vara aktuell. Om utrustningen kan manövreras från annan plats, exempelvis motoriserade brandgasluckor, så finns inte samma behov av avstånd och andra utformningar kan därför utvärderas.

Funktionskrav 4: Räddningstjänsten ska ha tillgång till rätt information för att genomföra en säker insats.

Detaljerad riktlinje 4: Vid insats behöver räddningstjänsten via tydlig skyltning och/eller insatskort eller liknande få information om anläggningen. Vid skyltning bör det tydligt framgå:

1. Att solceller finns i byggnaden ska tydligt framgå i insatsväg eller på fasad. Exempelvis genom skyltning enligt SEK Handbok 457.



Figur 19. Exempel på två olika sorters skyltning för att tydliggöra att solceller finns i byggnaden från SEK Handbok 457 [19].

2. Om det finns brytare/manöverdon som räddningstjänsten ska använda vid insats behöver funktion tydligt framgå. Exempelvis genom skyltning enligt MSB:s riktlinjer för insats.

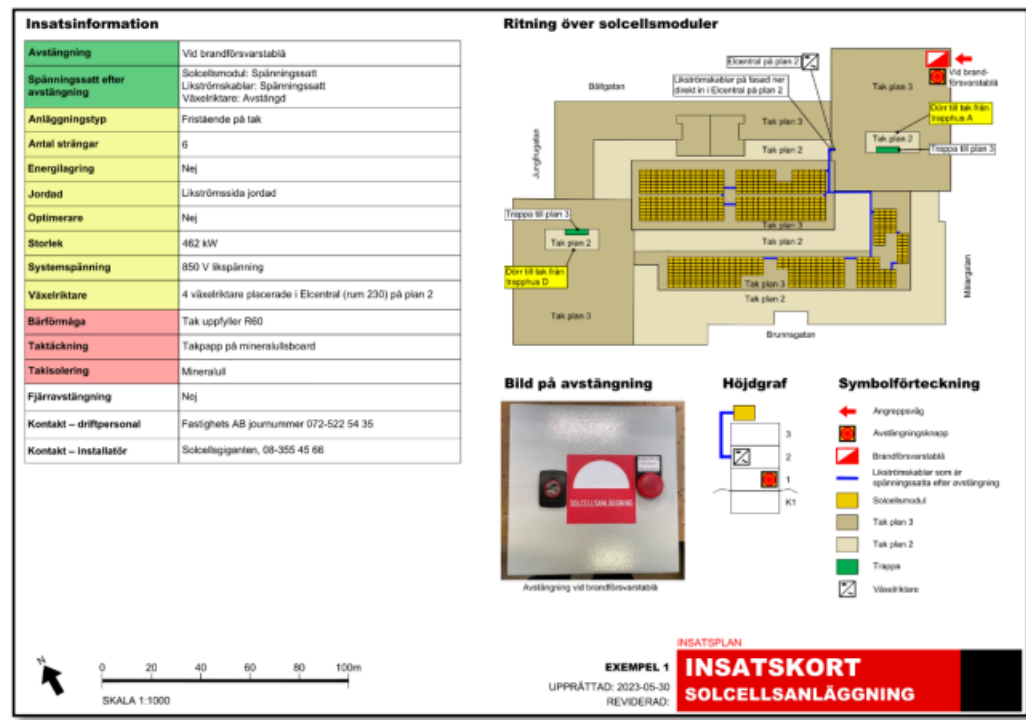


För räddningstjänst

Figur 20. Exempel på skyltning från MSB:s riktlinjer [37]. Observera att skyltningen är under översyn och kan komma att förändras i kommande uppdatering av MSB:s riktlinjer.

I huvudsaklig angreppsväg (normalt vid brandförsvarstablå eller i entré) bör det även finnas ett insatskort eller liknande där väsentlig information om anläggningen bör framgå. Insatskortet rekommenderas utgå från MSB:s riktlinjer om insatskort [44]. Minst följande bör dock framgå, om möjligt:

- Övergripande beskrivning av systemet inkl. översiktsbild av anläggningen som visar var solcellerna är placerade
- Orienteringsritningar som beskriver var brytare är placerade och vilka områden som blir spänningslösa respektive vilka delar som är fortsatt spänningssatta när avstängningsknappar aktiverats
- Vilka delar av systemet är konstant strömförande
- Om det går kablage invändigt i byggnaden och i så fall var
- Placering av växelriktare
- Kontaktuppgifter till anläggningsskötare
- Kontaktuppgifter till installatör/leverantör
- Om håltagning i taket kan vara aktuellt ska det finnas en ritning av solcellernas placering i förhållande till underliggande brandcellsindelning
- Om brandväggar förekommer i anslutning till anläggning ska det finnas en ritning av solcellernas placering i förhållande till dessa
- Om det finns brandkårsbrytare eller liknande utrustning ska det framgå var denna är placerad och vilka delar av systemet som påverkas av utrustningen



Figur 21. Exempel på insatskort enligt MSB:s riktlinjer [44]. Observera att utformningen av insatskort är under översyn och kan komma att förändras i kommande uppdateringar av MSB:s riktlinjer.

Syftet med funktionskravet är att räddningstjänsten på ett enkelt sätt ska få tillgång till den information de behöver för att genomföra en säker och effektiv insats. Både vid brand i själva anläggningen eller i en brand i byggnaden där anläggningen riskerar att bli påverkad.

Funktionskrav 5: Anläggningen ska utformas så att den inte påverkar räddningstjänstens insats avsevärt negativt.

Detaljerad riktlinje 5: Vid utformning bör nedanstående faktorer beaktas.

Om räddningstjänsten kan förväntas göra håltagning i taket vid insats behöver utrymme finnas för att tillåta detta. Det innebär att fri yta behöver finnas i anslutning till underliggande brandceller/brandväggar. Beroende på förväntad insattaktik kan möjligheten till håltagning säkerställas genom fria ytor på någon sida av taket eller längs hela takytan i anslutning till brandcellen/brandväggen. Observera att håltagning i många fall inte kan förväntas, t.ex. vid betongbjälklag i takkonstruktionen, om det finns invändiga insatsvägar och brandgasventilation av vinden, eller i vissa fall om höjdfordon inte når taket. Detta bedöms även vanligare i fall med brandväggar som går igenom yttertak och på så vis tydligt markerar var brandsektionen avslutas i taket.

Det behöver säkerställas att anläggningen utförs så att delar, t.ex. solcellspaneler, inte riskerar att skada insatspersonal och utrymmande vid brand. Detta innebär att solcellspaneler som installeras på ett lutande tak eller på fasad behöver installeras på ett sådant sätt att montaget klarar förväntad brandpåverkan. Erfarenheter från bränder indikerar

att montagesystem i aluminium (eller i mer brandtåliga material) klarar den påfrestning som kan förväntas på ett lutande tak. För fasader behöver dock ytterligare skydd mot förväntad brandpåverkan utredas och säkerställas. På platta tak kan kraven på montagesystem ersättas med ett avstånd till fasadlivet om 1,25 meter. Detta avstånd förväntas säkerställa att paneler inte faller ner utanför fasadliv vid brand.

Vid brandväggar som bryter yttertaket ska även solcellsanläggningen brytas för att säkerställa att brandspridning inte sker över brandväggen. Detta bedöms uppfyllt om ett skyddsavstånd om 1,25 meter säkerställs på respektive sida om brandväggen. Observera att skyddsavståndet även gäller montagesystem. Det kan även uppfyllas genom att brandväggen dras upp så att den avslutas minst 0,5 meter ovan panelerna. Observera att även brandspridning via kablage behöver beaktas.

Syftet med funktionskravet är att säkerställa att solcellsanläggningen inte påverkar räddningstjänstens insatssäkerhet negativt. Faktorer som kan påverka insatsen negativt bedöms här primärt vara hinder för håltagning (om det är aktuellt), nedfallande solcellspaneler eller om byggnadens vitala brandtekniska begränsningslinjer påverkas negativt.

Om håltagning är aktuellt behöver utrymme för detta finnas och anläggningen bör utformas så att det inte finns solcellspaneler där håltagning kan tänkas behövas. För att bedöma om håltagning är en förväntad insatsstrategi kan byggnadens utformning användas som stöd. Håltagning är inte att förvänta i byggnader där taket är lagt ovanpå ett betongbjälklag, och i många fall då räddningstjänsten inte har tillgång till taket via höjdfordon samt om det finns invändiga angreppsvägar till vindsutrymme eller brandceller som ansluter till yttertak i kombination med brandgasventilation av dessa utrymmen. Om håltagning är att förvänta kan behovet av att anpassa anläggningen även bedömas utifrån om håltagning kan göras på sidor av taket som inte har solceller eller liknande. I fall där håltagning förväntas kan det vara bra att stämna av med den lokala räddningstjänsten hur strategin för håltagning är tänkt och vilken fri yta som därför behövs.

Nedfallande delar är primärt en risk på lutande tak, även om risken också till viss del finns på platta tak. För att skydda mot nedfall på grund av brand kan montagesystemet utföras så att det klarar förväntad brandpåverkan. Baserat på erfarenheter från inträffade bränder bedöms montagesystem i aluminium ha tillräckligt brandmotstånd för att klara den brandpåverkan som kan förväntas. För platta tak är risken mindre och montagesystem i t.ex. plast eller liknande kan tillåtas om anläggningen flyttas in från fasadlivet. Detta dels för att skydda montagesystemet från utvändiga flammor i fasaden och dels för att minska risken att solcellspanelerna faller ner utanför fasadliv om montagesystemet fallerar. Danska riktlinjer har bedömt att 1,25 meter är ett tillräckligt mått för att skydda mot dessa risker [16], vilket även bedöms som en rimlig riktlinje för svenska förhållanden. Om åtgärder genomförs för att begränsa risken kan dock andra avstånd tillämpas efter bedömning. Observera även att om brännbara montagesystem tillämpas, där detta är möjligt, behöver även den ökade brandlasten på taket beaktas, vilket kan leda till mer omfattande skador vid brand.

Vid brandväggar som bryter yttertaket behöver även solcellsanläggningen utföras så att inte risk finns för brandspridning över begränsningslinjen som brandväggen innebär. Här rekommenderas ett avstånd om 1,25 meter till brandväggen, vilket alltså innebär ett totalt avstånd om 2,5 meter mellan olika delar av solcellsanläggningen. Även detta avstånd är baserat på danska riktlinjer [16]

och har även studerats med överslagsmässiga strålningsberäkningar¹¹ för att bekräfta avståndets rimlighet. Här är det dock viktigt att även beakta riskerna med brandspridning via kablaget. Ett exempel på lösningar för att motverka spridning via kablaget kan vara att placera det i obrännbara skenor med brandtätning över brandväggen.

¹¹ Med en flamtemperatur på ca 800°C, emissivitet på 0,7 och en flamhöjd om 1,5 meter understiger infallande strålning 15 kW/m² på avståndet 2,5 meter, oavsett bredd på strålningskälla.

BILAGA B – REKOMMENDATIONER FÖR UTÖKAT EGENDOMSSKYDD VID INSTALLATION AV SOLCELLER

Nedan listas funktionskrav och riktlinjer för att förbättra egendomsskyddet när det finns en solcellsanläggning i byggnaden.

Funktionskrav 6: Solcellsanläggningen ska utformas så att det är låg risk för brandspridning till anslutande konstruktion. Detta kan innebära brandklassning av solcellspaneler och/eller montering av utrustning på material som innebär låg risk för vidare brandspridning i anslutande konstruktion.

Detaljerad riktlinje 6: Takkonstruktionen som solcellerna monteras på bör utformas med så låg risk för brandspridning som möjligt. Eventuella brännbara material i takkonstruktionen bör utformas så att de inte bidrar till vidare brandspridning i takkonstruktionen eller skyddas med en barriär som motverkar brandspridning från solcellerna ner i takkonstruktionen.

Skydd är särskilt avgörande kring riskutrustning, så som likströmsbrytare och liknande. Även växelriktare utgör riskutrustning och bör monteras på material som inte bidrar till vidare brandspridning om en brand uppstår i utrustningen.

Branden kan även begränsas av brandmotstånd i solpanelen, t.ex. genom brandklassning enligt SS-EN IEC 61730-2 eller motsvarande. Detta ersätter normalt inte behovet av brandmotstånd i takkonstruktionen, men kan vara en riskreducerande åtgärd på exempelvis befintliga tak där konstruktionen är utmanande att påverka.

En brand i solcellerna som begränsas till själva solcellsanläggningen begränsar även egendomsskadan. Studier, och inträffade brandincidenter, visar att brännbara material kan begränsa skadan, t.ex. PIR-isolering i takkonstruktionen. Även olika typer av barriärer kan innebära att tillräckligt skydd mot brännbara material längre ner i en takkonstruktion. En begränsad brandskada bidrar även till ett minskat behov av en släckinsats, vilket ofta är en väsentlig orsak till omfattande egendomsskador vid brand. Riskvärderingen i avsnitt 5.2.1 kan användas som stöd för att avgöra risken med olika takkonstruktioner.

Särskilt viktigt är det att ha ett bra skydd mot brandspridning i anslutning till riskkomponenter, exempelvis likströmsbrytare (inkl. brandkårsbrytare) och växelriktare. I anslutning till sådana komponenter bör material väljas som begränsar en initialbrand i komponenterna till just den drabbade komponenten. Det kan exempelvis innebära att växelriktare monteras på gips utan brännbart material inom en meter från växelriktaren¹². Detta gäller även i golv och tak i anslutning till växelriktaren då det finns risk för uppsläende flammor och även brinnande droppar om en brand uppstår.

Det finns även brandprovning av solpaneler som kan indikera ett utökat brandmotstånd i solcellsanläggningen, t.ex. SS-EN IEC 61730-2 eller UL 1703. I många fall är provningen begränsad till själva panelen, vilket därför endast delvis täcker brandriskområdet för en

¹² Baseras på liknande beräkningar som för solpaneler ovan. Observera dock att storlek på växelriktare varierar och måttet kan därför behöva anpassas efter storlek och mängd brännbart material.

solcellsanläggning. Sådan provning kan dock vara en viktig komponent för att minska risken i befintliga tak där skyddsåtgärder kopplat till takutformningen är utmanande att ordna. Det bör dock noteras att även om åtgärder görs för att minska risken kopplat till komponenterna i en solcellsanläggning så går det inte att helt undgå risken för brands uppkomst. Därav är det alltid lämpligt att utvärdera befintliga takutformningars lämplighet för installation eller om åtgärder bör införas för att säkerställa bra egendomsskydd.

Funktionskrav 7: Det ska säkerställas att installationen utförs korrekt av tillräckligt kompetent personal och med komponenter av tillräckligt hög kvalitet samt att tillverkarens montageinstruktioner uppfylls.

Detaljera riktlinje 7: För att säkerställa korrekt installation bör en egenkontrollplan upprättas och följas. Ökad säkerhet ges även av en besiktning utförd av en oberoende part. I kontrollplanen/besiktningen behöver det bland annat säkerställas att leverantörens anvisningar gällande montage och installation uppfylls.

En korrekt installation minskar risken för brands uppkomst i solcellsanläggningen. Korrekt installation kan säkerställas genom att ett egenkontrollprogram upprättas och hålls samt genom att besiktningar av anläggningen genomförs innan den tas i bruk. Ett exempel på egenkontrollprogram som kan följas är Säker Sol¹³ eller liknande initiativ. Ur ett brandtekniskt perspektiv är det avgörande att alla eventuella säkerhetsfunktioner och brandtekniska aspekter kontrolleras och funktionstestas i samband med färdigställande. Detta gäller exempelvis säkerhetsbrytare, eventuell brandkårsbrytare, rapid shutdown-system och/eller andra eventuella säkerhetsfunktioner.

Förslag på egenkontroller finns i Bilaga C.

Funktionskrav 8: Solcellsanläggningen ska underhållas och kontrolleras inom byggnadens systematiska brandskyddsarbete.

Detaljerad riktlinje 8: Kontroll av anläggningen bör göras regelbundet. Säkerhetsfunktioner bör provas av för att säkerställa korrekt funktion.

Korrekt underhåll minskar riskerna för brands uppkomst och säkerställer även att säkerhetsfunktioner fungerar när det behövs. Förslag på kontrollprogram finns i Bilaga D.

¹³ <https://www.in.se/sakersol/#/>

BILAGA C – REKOMMENDATIONER FÖR EGENKONTROLL GÄLLANDE BRANDSKYDD I SOLCELLSANLÄGGNINGAR

Vid kontroll av solcellsanläggning föreslås nedanstående punkter ingå. Detta är punkter fokuserade kring brandskyddet i anläggningen och är endast ett komplement till andra kontroller som anläggningen behöver genomgå. Punkterna ersätter alltså inte några andra kontroller.

Allmän information

Anläggningsägare	
Kontaktuppgifter till anläggningsägare	
Anläggningsnummer/-ID	
Adress	
Datum för idrifttagande	
Ansvarig leverantör/installatör	
Kontaktuppgifter till leverantör/installatör	

Kontrollpunkter för insatssäkerhet

Nr	Kontrollpunkt	Kontroll	Datum
1	Är eventuell brandkårsbrytare överdimensionerad med minst 125 % av märkströmmen för systemet?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
2	Är likströmskablage tydligt markerat/skyltat?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
3	Är fritt avstånd till brandgasluckor minst 0,5 meter?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
4	Har räddningstjänsten tillgång till övrig utrustning på tak som kan behöva manövreras/hanteras vid insats?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	

5	Finns tydlig skyltning i insatsväg eller på fasad att byggnaden har solceller?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
6	Är annan utrustning, exempelvis brytare/manöverdon, som räddningstjänsten ska använda vid insats tydligt skyltad?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
7	Finns ett insatskort i huvudsaklig angreppsväg där relevant information om anläggningen och brandtekniska aspekter framgår?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
8	Om hålltagning kan förväntas: finns fria ytor för detta i anslutning till underliggande branceller?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
9	Har anläggningen utförts så att risk för nedfallande delar begränsas?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
10	Om det finns brandväggar som bryter yttertak i anslutning till systemet: har solcellsanläggningen utformats med minst 1,25 meter fri yta på respektive sida om brandväggen eller har brandväggen dragits upp minst 0,5 meter ovan panelerna?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
11	Har brytare/säkerhetssystem (brandkårsbrytare, rapid shut down, optimerare, eller liknande) provats av med godkänt resultat?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	

Kontrollpunkter för utökat egendomsskydd

Nr	Kontrollpunkt	Kontroll	Datum
12	Har solcellsanläggningen monterats på tak/konstruktion med låg risk för vidare brandspridning om brand inträffar i anläggningen?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
13	Har riskutrustning, t.ex. likströmsbrytare (inkl brandkårsbrytare) och växelriktare monterats på material som inte bidrar till vidare brandspridning?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
14	Har egenkontrollplan upprättats?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	
15	Har besiktning utförts av oberoende part?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell	

16	Har leverantörens anvisningar om montage och installation följts?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell
17	Finns det drift- och underhållsinstruktioner för systemet?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell

BILAGA D – REKOMMENDATIONER FÖR DRIFT- OCH UNDERHÅLL GÄLLANDE BRANDSKYDD I SOLCELLSANLÄGGNINGAR

Nedan är förslag på kontrollpunkter för drift- och underhåll gällande brandskydd i solcellsanläggningar som kan arbetas in i byggnadens systematiska brandskyddsarbete. Dessa punkter är orienterade kring brandskyddet i anläggningen och ersätter inte ordinarie drift- och underhåll för anläggningen.

Kvartalskontroll

Nr	Kontrollpunkt	Kontroll
1	Är anläggningen i normal drift? Visar växelriktare några felmeddelanden?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell
2	Är solcellsproduktionen normal sett till anläggningens effekt och normala produktion?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell
3	Finns det några synliga skador på anläggningens synliga/tillgängliga delar (växelriktare, brytare, solcellspaneler, etc. om enkelt inspekterbara)?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell

Halvårskontroll

Nr	Kontrollpunkt	Kontroll
1	Fungerar säkerhetsbrytare och/eller annan säkerhetsutrustning på likströmssidan? <i>Samtliga eventuella brytare på likströmssidan bör provas/motioneras vid denna kontroll.</i>	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell
2	Finns det några synliga skador på anläggningens delar (växelriktare, brytare, solcellspaneler)?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell
3	Är utrymmet mellan solcellspanel och tak fritt från skräp/brännbart material?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell

Årskontroll

Nr	Kontrollpunkt	Kontroll
1	Är eventuell service av anläggningen utförd enligt leverantörens instruktioner?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell
2	Kontrollera växelriktaren visuellt och säkerställ att inte fläktar eller andra delar är blockerade av t.ex. spindelväv eller liknande.	☐ Ja ☐ Nej ☐ Ej aktuell

Termografering

Om fel i anläggningen misstänks kan termografering utföras. Detta innebär att solcellerna undersöks med värmekamera för att upptäcka eventuella avvikelser så som lokala temperaturhöjningar ("hot spots") eller icke-fungerande celler.

Vid en termografisk analys rekommenderas att följande punkter beaktas:

- Kontroll bör göras på sommaren i solljus då anläggningen kan förväntas ha en hög produktion
- Kontroll av temperaturavvikelser på panelerna ("hot spots") bör ingå
- Kontroll av kontaktdon, brytare och kablage på likströmssidan bör ingå

Termografering bör utföras i enlighet med IEC TS 62446-3.