



Pelastuslaitosten
kumppanuusverkosto

ANVISNING

Serviceområdet för säkerhetstjänster

13.6.2024

BRANDSÄKERHETSANVISNING FÖR FOTOELEKTRISKA SOLENERGISYSTEM

Arbetsgruppen för brandsäkerhet i fotoelektriska solenergisystem

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Funktionsprincipen för ett fotoelektriskt solenergisystem	5
3	Risker med fotoelektriska solenergisystem	8
3.1	Konsekvenser för brandsäkerheten	8
3.2	Risker enligt byggnadstyp och brandklass.....	12
3.3	Säkerhetsrisker i räddningspersonalens arbete och konsekvenser för släckningsarbetet	17
4	Bestämmelser	21
4.1	Allmänna krav.....	21
4.2	Krav enligt elsäkerhetslagen.....	23
4.3	Elarbeten, besiktningar och anmälningar i samband med ibruktagandet	24
4.4	Underhåll och periodisk besiktning av elanläggningar.....	25
4.5	Anslutning av en anläggning till eldistributionsnätet.....	26
5	Föreskrifter och rekommendationer för säkrare fotoelektriska solenergisystem	27
5.1	Frånskiljning av ett system eller en del av det, markeringar och varningar	27
5.2	Förbättrad säkerhet i räddningsarbetet och bättre brandsäkerhet.....	29
5.3	Placering av fotoelektriska solenergisystem	30
5.3.1	Fristående kraftverksfält	31
5.3.2	Placering på tak	35
5.3.3	Placering på yttervägg	38
5.3.4	Annan teknik som påverkar brandsäkerheten	42
5.4	Batterier och batterirum	43
5.5	Släckvattentillgång.....	45
5.6	Objektskort och objektsinformation för räddningsverket	46
5.7	Underhåll och service av fastigheten	47
	Källor	48

1 Inledning

Antalet fotoelektriska solenergisystem ökar i allt snabbare takt. Systemen kan se ut på många olika sätt och är förknippade med nya typer av risker. Utvecklingen har varit mycket snabb. Myndighetsföreskrifter och standarder tar inte exakt ställning till räddningsaspekterna, och i synnerhet de finskspråkiga anvisningarna om brandsäkerhet för fotoelektriska solenergisystem har varit mycket splittade. Därför finns ett uppenbart behov av en anvisning.

Syftet med den här anvisningen är att informera myndigheterna och dem som äger, konstruerar och bygger solenergisystem om de relaterade riskerna och de viktigaste säkerhetsbestämmelserna och säkerhetsanvisningarna och att ge rekommendationer ur räddningsväsendets synvinkel för att möjliggöra räddningsarbete med hänsyn till räddningspersonalens arbets säkerhet och en hög brandsäkerhet. Anvisningen tar upp konstruktionen, byggandet, användningen och underhållet av nya fotoelektriska solenergisystem. På befintliga system kan anvisningarna tillämpas i den mån det är möjligt som en rekommendation när säkerhetsförbättringar görs.

Den här anvisningen kan tillämpas på alla fotoelektriska solenergisystem som är fast installerade på byggnader och på fristående solenergisystem för elproduktion, oavsett deras storlek. Alla installationer är inte tillståndspliktiga, och då är det den som genomför projektet som ska bedöma riskerna och se till att säkerhetsnivån uppnås.

En arbetsgrupp inom expertnätverket för säkerhetstjänster i räddningsverkens partnerskapsnätverk har berett anvisningen under åren 2021-2022. Medlemmarna i arbetsgruppen var Ari Holopainen (Päijänne-Tavastlands räddningsverk), Jani Jämsä (Södra Savolax räddningsverk), Saila Kauppinen (Älvdalarnas räddningsverk), Markus Kuosmanen (Södra Karelens räddningsverk), Vesa Läderberg (Päijänne-Tavastlands räddningsverk) och Pia Nyman (Räddningsverket i Östra Nyland). Många aktörer från olika branscher har deltagit i arbetet med att utarbeta anvisningen. Ett omfattande källmaterial från Finland och andra länder har använts i arbetet.

Inför den sista genomgången skickades anvisningen på remiss till myndigheter och aktörer i olika branscher med anknytning till fotoelektriska solenergisystem. Deras kommentarer har beaktats i anvisningen. I slutskedet av arbetet med anvisningen deltog företrädare för Säkerhets- och kemikalieverkets grupp för elanläggningar. Alla elsäkerhetsaspekter och relaterade kommentarer behandlades tillsammans med dem.

Anvisningarna har uppdaterats under våren 2024 för att göra dem mer lämpade för planering av storskaliga, industriella solkraftverk. Uppdateringen gällde i synnerhet avsnitt 5.3.1. Samtidigt gjordes några mindre förtydliganden. I uppdateringsteamet ingick Ari Holopainen (Päijänne-Tavastlands räddningsverk), Jani Jämsä (Södra Savolax räddningsverk), Markus Kuosmanen (Södra Karelens räddningsverk) och Jarmo Leppänen (Norra Österbottens räddningsverk). Innan den uppdaterade versionen av anvisningarna färdigställdes och godkändes har den kommenterats av såväl experter från räddningsverken och olika sektorer som av representanter för koalitionen Auringosta Energiaa (energi av solen). De inkomna kommentarerna har behandlats och diskuterats tillsammans med representanter för Säkerhets- och kemikalieverkets arbetsgrupp för elanläggningar. Kommentarna har i möjligaste mån beaktats i den slutliga utformningen av anvisningarna.

Serviceområdet för säkerhetstjänster inom Räddningsverkens partnerskapsnätverk har godkänt denna anvisning för att tillämpas av alla räddningsverk. Den här anvisningen är inte juridiskt bindande, utan en konsensus om tillämpningen av räddningslagen som uppnåtts i samarbete mellan de behöriga räddningsmyndigheterna.

2 Funktionsprincipen för ett fotoelektriskt solenergisystem

Ett fotoelektriskt solenergisystem producerar el med hjälp av solpaneler. Det finns många slags paneler för olika ändamål, från enskilda stugpaneler till system som täcker ett helt tak. Panelerna kan vara separata enkel- eller dubbelsidiga paneler eller integrerade med till exempel tak- eller fasadmaterialet. Vanligen placeras panelerna på tak, men ibland också fasader. Ett fotoelektriskt solenergisystem kan också installeras på en ställning på marken, på en solföljare eller till exempel på en flytande plattform på vattnet.



Solpaneler integrerade i taktäckningen (Foto: Solarguide)

Solpaneler vid en stuga (Foto: Karjalainen)



Solpanelsfält i Lempäälä. (Foto: Aamulehti)



Solpaneler på taket till ett köpcentrum. (Foto: Yle)



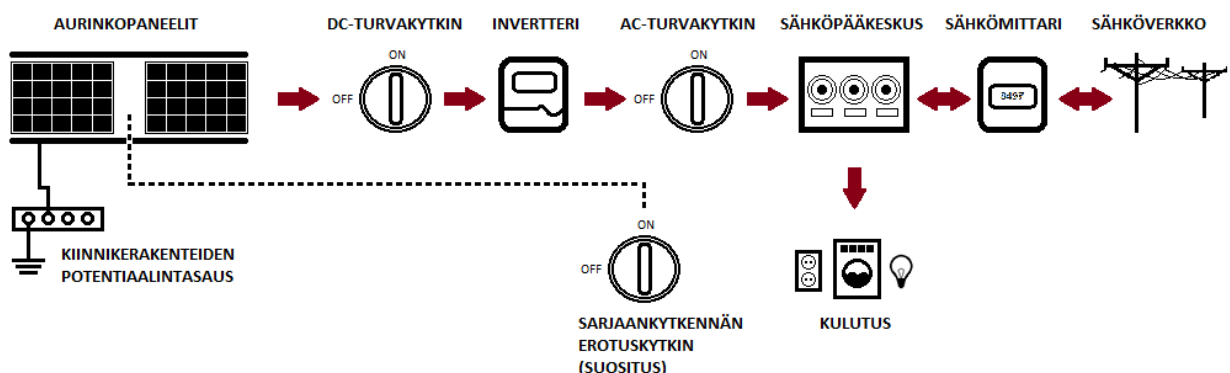
Ovan: solceller integrerade i takpannor (Foto: FlexSolSolutions)

Till vänster: Europas största vertikala solpanelsystem i Manchester i England. (Foto: Interesting Engineering)

Med tanke på säkerheten är de viktigaste delarna i ett fotoelektriskt solenergisystem solpanelerna, kabeldragningen, växelriktaren och säkerhetsbrytarna. System som installeras på tak har ofta också ställningar med extra tyngder för att fästa panelerna.

Det finns både klen- och lågspänningssystem för solenergi. Systemet kan vara fristående och alltså inte kopplat till nätet (off-grid) eller kopplat till det allmänna eldistributionsnätet eller fastigheternas elnät (on-grid). Solkraftverk kan placeras på tak eller stora öppna markområden. I en transformatorstation kan deras eleffekt transformeras till högspänning (Läderberg 2017, 13).

Om ett fotoelektriskt solenergisystem har installerats i en fastighet som är kopplat till eldistributionsnätet består systemet av solpaneler och en växelriktare (inverter) som omvandlar den likström panelerna producerar till växelström. Systemet kan också ha batterier, vilket är typiskt särskilt i system som inte är kopplade till eldistributionsnätet när man senare vill utnyttja den el panelerna producerar. I system som är installerade i fastigheter som är kopplade till eldistributionsnätet är det obligatoriskt att ha en frånskiljningsmöjlighet på AC-sidan, vanligen en säkerhetsbrytare. Med säkerhetsbrytaren kan man skilja solenergisystemet från elnätet, men den hindrar inte panelerna från att producera el (SFS 6000-7-712:2022).



Ovan en illustration av ett solenergisystem som finns i en byggnad och är kopplat till elnätet. DC-sidans säkerhetsbrytare är ofta integrerad med växelriktaren. När spänningen i solpanelerna är högre

än 60 V måste systemets ställningar och kabelhyllor av metall samt andra ledande delar i deras närhet kopplas till potentialutjämning. Potentialutjämningen i takkonstruktioner av metall kan också göras genom montageställningarna. Om man använder frånskiljningskopplare för seriekoppling av solpaneler ska de placeras på ett ställe som räddningspersonalen lätt kan nå, till exempel bredvid brandlarmcentralen (se avsnitt 5.1). (Bild: Räddningsverkens partnerskapsnätverk 2022, anpassat efter Motiva 2021)

I konstruktionen och räddningsarbetet är det viktigt att observera att en AC-säkerhetsbrytare inte gör solpanelerna, växelriktaren eller komponenterna och kabeldragningen mellan dem spänningslösa. Denna frånskiljning bryter endast elmatningen från solenergisystemet till fastighetens elnät. Solpanelerna producerar el så länge de får ljus (solljus, artificiellt ljus, ljus från lågor), så likströmsidan i ett system som får ljus förblir under spänning ända fram till växelriktarens DC-säkerhetsbrytare även om elmatningen bryts med AC-säkerhetsbrytaren. I stora system med seriekopplade paneler kan ljuset ge upphov till farlig spänning även om panelerna är skilda från byggnadens elsystem.

I ett fotoelektriskt solenergisystem som inte är kopplat till nätet lagras den el som solpanelerna producerar i batterier innan den används, om inte produktionen och förbrukningen sker samtidigt. Från batterierna kan man ta el direkt till apparater som använder likström. Systemet kan utrustas med en växelriktare om man vill omvandla likström till växelström. Till system som inte är kopplade till nätet kan man koppla ett aggregat som kan användas som reservkraftkälla. I ett system som är utrustat med batteri installerar man en laddningsregulator som justerar den el som panelerna producerar och övervakar laddningen (Läderberg 2017, 13–14).

3 Risker med fotoelektriska solenergisystem

3.1 Konsekvenser för brandsäkerheten

Fotoelektriska solenergisystem är i princip mycket säkra om de installeras, används och underhålls på rätt sätt. Vanligen inbegriper systemet många paneler, kabeldragningar, kopplingar och växelriktare och ibland även ett batteri. Liksom andra delar i ett elsystem kan de utgöra en brandrisk om de utförs felaktigt eller skadas.

Enligt 2022 års utgåva av standarden SFS 6000 för lågspänningseleininstallationer ska växelriktaren och eventuella separata DC-brytare i ett fotoelektriskt solenergisystem installeras på ett obrännbart underlag. Om konstruktionen i sig inte är obrännbar måste ett separat obrännbart material användas som underlag (till exempel en fibercementskiva). Om det obrännbara material som används leder värme effektivt måste man lämna ett fritt ventilerat utrymme mellan den brännbara konstruktionen och underlaget.

Ur räddningsverksamhetens synvinkel är den största risken räddningspersonalens arbetssäkerhet, eftersom solpanelerna producerar el så länge de får ljus oavsett om elmatningen från panelerna till fastigheten har brutits med AC-säkerhetsbrytaren. Solpanelerna producerar el också med artificiellt ljus och ljus från en brand. Forskning har bekräftat att spänningen som uppstår med artificiellt ljus kan vara så hög att den är farlig för människor. Till och med paneler som delvis brunnit kan om de får ljus producera en spänning som är så hög att den kan orsaka en allvarlig elchock (Läderberg 2017, 55–59). Det räcker med en seriekoppling med tre solpaneler för att producera en spänning som är farlig för människor. På ett tak kan den el som panelerna producerar också ledas av ansamlad släckvatten.

Risken för räddningspersonalen kan minskas genom att man bryter seriekopplingen mellan panelerna. Det kan göras bland annat med separata frånskiljningskopplare för seriekoppling eller genom att man öppnar de beröringsskyddade kontakterna mellan panelerna. Det gäller dock att observera att de stickkontakter som används för seriekoppling inte kan bryta strömmen, och därför måste man innan kontakterna dras ur till exempel stänga av växelriktaren eller öppna likströmsdelens frånskiljningskopplare.

En trasig panel eller ett skadat system kan orsaka hög spänning som kan leda till en livshotande elchock eller en eldsvåda. En trasig panel kan leda el till stommen, ställningarna, taktäckningen och andra ställen i omgivningen. Extrema väderfenomen kan också skada systemet. Stormar och snöbelastning måste beaktas i konstruktionen och dimensioneringen av takkonstruktionernas bärkraft.

Bränder i litiumjonbatterier är mycket svårsläckta och de kemikalier som frigörs är mycket giftiga. Normal brandklädsel räcker inte nödvändigtvis som skydd. Av de kemikalier som frigörs vid en brand kan till exempel frätande fluorväte tränga igenom brandklädseln på så lite som en minut. Det krävs en kemdräkt för att tryggt släcka en batteribrand inomhus (Suosalo 2020 35–36). Därför måste man ta hänsyn till ingångsvägar, ankomstriktningar, passager, utgångar och utrymningsvägar för räddningsverket till exempel i placeringen av stora, fristående batterirum.

När en brinnande byggnad ska släckas är fotoelektriska solenergisystem också ett hinder i släckningsarbetet för både släckarna, släckningsröjningen och släckvattnet. Systemet utgör en ytterligare brandbelastning i byggnaden och beroende på montagesättet kan det uppstå utrymmen under panelerna som kan påverka hur rökgaserna strömmar genom att de stimulerar och sprider branden.

I en undersökning (Technical University of Denmark) observerades det att solpaneler kan ha en betydande effekt uttryckligen på spridningen av branden genom att de ändrar brandens dynamik. Brandriskerna i samband med solpaneler är alltså inte endast förknippade med den ökande brandbelastningen och antändningsrisken i systemet (Steemann Kristensen et al. 2017, 12). Till exempel kan en del paneler vara tillverkade av brännbart material och utgöra spridningsvägar för branden på ytterväggar och takytor. Under panelerna kan det också bildas hålutrymmen som samlar värme och rök och bidrar till att branden sprids.

Under de senaste åren har fotoelektriska solenergisystem orsakat högst ett tiotal bränder per år. I huvudsak har bränderna inträffat under våren och sommaren. Det har brunnit i såväl små byggnader som stora byggnader, där det hotade egendomsvärdet har varit stort. Bränder i fotoelektriska solenergisystem har orsakats av bland annat kablar, batterier, växelriktare och andra komponenter. I ljuset av statistiken finns det många olika orsaker till bränder i solenergisystem (Räddningsväsendets system PRONTO, 2017–2021).

Det finns mer information tillgänglig om bränder i fotoelektriska solenergisystem i andra länder. Det är värt att notera att bestämmelserna varierar från land till land och det finns många olika sätt att konstruera systemen. Dessutom utvecklas tekniken snabbt, och därför torde det inte löna sig att dra alltför långtgående slutsatser om riskerna med tanke på finländska förhållanden. Det är ändå anmärkningsvärt att den överlägset största delen av bränderna enligt de internationella källorna har berott på konstruktions- och installationsfel snarare än på defekta produkter. Olyckorna har vanligen inträffat inom ett par år efter att systemen installerades. I flera länder har antalet bränder och skador orsakade av takintegrerade system på byggnader varit stort i förhållande till antalet installerade system. Det är också viktigt att systemen underhålls och genomgår regelbunden service (Rasinkoski 2020 6–8, 74).

Enligt en studie som gjordes i Tyskland berodde en tredjedel av bränderna i fotoelektriska solenergisystem 2011–2013 på systemets komponenter, en tredjedel på konstruktionsfel och en tredjedel på installationsfel. Det framkom att en oproportionerligt stor andel av bränderna uppstod mitt på dagen och tidigt på eftermiddagen när solens strålning och samtidigt panelernas elproduktion var som starkast, och defekta eller skadade komponenter överhettades och orsakade antändningen (Prume & Viehweg 2018, 246).



Brand i fotoelektriskt solenergisystem i New Jersey 2013 i en lagerbyggnad med fler än 8 000 solpaneler på taket (Milke et al. 2014, 4–5). (Foto: Reax Engineering)



Brand i fotoelektriskt solenergisystem i en tysk vårdinrättning/äldreboende 2019. I eldsvådan evakuerades 96 boende från vårdinrättningen. Till följd av rökexponering behövde 21 personer vård, varav 2 var brandmän (Feuerwehr-Magazin 2019). (Foto: Feuerwehr-Magazin/Nonstopnews)

I olika tester har det visat sig att potentialutjämnningen i ledande konstruktioner i anslutning till solpaneler avbryts i ett tidigt skede av en brand. Risken för elchocker från själva panelerna, deras komponenter och anslutningar osv. ökar då betydligt. Skadade och uppvärmda elledningar ökar också sannolikheten för elchocker.

En annan faktor som observerats är att panelerna alltid producerar el när de exponeras för ljus, oavsett om systemet fungerar eller inte. Det innebär att panelerna kan antända bränder också senare efter själva branden och efter att systemet skadats om inte panelerna frångöms efter att systemet skadats till exempel i en brand. Det gäller alltså att komma ihåg att koppla från solpanelerna även om de inte skulle skadas i branden men matar el till en byggnad som skadats i en brand eller på något annat sätt. Anvisningar för åtgärder efter en brand i ett fotoelektriskt solenergisystem finns till exempel i publikationen IEC/TR 63226:2021:fi.

Det kan uppstå en risk för brandspridning och nyantändning i en byggnad om kablarna på solenergisystemets likströms sida inte kan göras spänningslösa från utsidan av byggnaden eller om de har placerats i brännbara konstruktioner. DC-kablar har inga kortslutningsskydd och så länge panelerna producerar el kan en skada i kabelns isoleringsmaterial vid en brand orsaka kortslutning och en ljusbåge mellan likströmskablarna. Om panelerna producerar el slocknar inte ljusbågen förrän panelerna har frångömts så att de inte är strömförande. En ljusbåge kan också ledas in i byggnaden eller de brinnande skikten i konstruktionen där DC-kablarna löper.

Om byggnaden har ett fotoelektriskt solenergisystem som är kopplat till det allmänna elnätet och egen reservkraft kan ett elavbrott orsaka en farlig situation. Vid ett elavbrott stänger solkraftverkets växelriktare av sig själv och det automatiska reservkraftaggregatet startar. Efter att reservkraften startat kan växelriktaren starta på nytt. Om byggnaden inte förbrukar den effekt som reservkraften och solenergisystemet producerar kan växelriktarens effekt styras till reservkraftaggregatet. Reservkraftaggregatets skyddsutrustning kan utlösas eller aggregatet rentav skadas. Då kan den reservkraft som objektet behöver gå förlorad (se avsnitt 4.5).

3.2 Risker enligt byggnadstyp och brandklass

Fotoelektriska solenergisystem kan orsaka olika slags risker beroende på i vilken typ av byggnad de installeras. Generellt: ju mindre byggnaden är och ju lägre risk användningssättet innebär, desto färre krav ställs i brandföreskrifterna på byggnadens eller byggnadsmaterialens brandmotstånd. Ju större byggnaden är och ju mer krävande användningssättet, desto fler är de brandtekniska kraven.

Exempelvis i ett normalt egnahemshus i brandklass P3 hör hela byggnaden vanligen till samma brandcell och beläggings- och isoleringsmaterialen kan vara relativt brandkänsliga. I ett egnahemshus kan ett fotoelektriskt solenergisystem vara installerat på många olika sätt (på taket, fasaden, altanerna osv.) men en brand i vilken del av byggnaden som helst kan spridas snabbt, orsaka livsfara för de boende och förstöra hela byggnaden.

I stora byggnader är brandcellsindelningen däremot mer robust och yt-materialen ofta mindre brandkänsliga, men exempelvis deras stora takyta kan göra det möjligt att installera stora mängder solpaneler. Då kan brandskadorna i takkonstruktionerna bli betydande och vattenskadorna på grund av släckningsarbetet stora också i lokalerna under taket, men tack vare brandcellerna hinner människorna oftast utrymma byggnaden utan problem. Samtidigt kan det stora antalet människor bli ett säkerhetsproblem.



Ovan: solpanelernas ram- och stödkonstruktioner i aluminium smälter av eldsvådans kraft och elden sprids med dropparna. Materialet som slungas ut under lågorna är smält aluminium.

Till vänster: solpanelerna på högra sidan av taket producerar fortfarande el trots att branden spridit sig till dem.

Foton från Satakunta yrkeshögskolas projekt om säkerheten i solenergisystem vid bränder år 2021. (Foton: Markus Kuosmanen)

Brandriskerna förknippade med fotoelektriska solenergisystem varierar alltså enligt typen av byggnad. Nedan beskrivs de vanligaste riskerna för byggnader i olika brandklasser och iakttagelser om riskberedskap.

Byggnader i brandklass P1

Byggnader i brandklass P1 är vanligen stora, och ett stort antal människor kan befinna sig i dem (till exempel köpcentra, flervåningshus, vårdinrättningar, inkvarteringslokaler, stora möteslokaler, stora industri- och lagerbyggnader).

I dessa byggnader bör man fästa särskild uppmärksamhet vid att solenergisystemet inte får äventyra utrymningen, det vill säga att systemets delar ska placeras tillräckligt långt från utgångar, utrymningsvägar och reservutgångar. För byggnader i brandklass P1 gäller strikta krav på svårantändlighet för fasadernas material och isoleringsmaterialen. Byggbestämmelsernas krav på ytterväggar och taktäckningsmaterial ska också beaktas i fråga om fotoelektriska solenergisystem. När solenergisystem installeras får de inte försämra fasadytans överensstämmelse med kraven på antändningskänslighet i miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet (848/2017) och ändringarna i den (927/2020).

I fråga om fasaderna på byggnader i brandklass P1 med fler än två våningar ska man också beakta att ytorna på en balkong som ska användas som reservutgång måste vara av lägst klass B-s2, d0. Inte heller ytorna i första våningen samt ovanför och under reservutgångarna får underskrida kravnivån i förordning (927/2020) om användningen av reservutgången kan äventyras av att ytorna brinner (se närmare i avsnitten 5.3 *Placering av fotoelektriska solenergisystem* och 5.3.3 *Placering på yttervägg*).

Med tanke på personsäkerheten rekommenderas det att utrymmen som behövs för solenergisystemens batterier och växelriktare alltid indelas i brandceller och placeras åtskilt från utrymningsvägar och lokaler där människor inkvarteras eller vistas.

Byggnader i brandklass P2

Byggnader i brandklass P2 kan ha upp till åtta våningar, och kraven på fasadmaterialens brandsäkerhet är betydligt mindre strikta än i brandklass P1. Byggnaderna kan vara stora till ytan och många människor kan befinna sig i dem. Fotoelektriska solenergisystem som är monterade på fasaden kan orsaka en betydande brandsäkerhetsrisk i synnerhet i bostadshus med träfasad.

Byggbestämmelsernas krav på ytterväggar och taktäckningsmaterial ska också beaktas i fråga om fotoelektriska solenergisystem i byggnader i brandklass P2. När solenergisystem installeras får de inte försämra fasadytans överensstämmelse med kraven på antändningskänslighet i miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet (848/2017) och ändringarna i den (927/2020).

I fråga om fasaderna på byggnader i brandklass P2 med fler än två våningar ska man också beakta att ytorna på en balkong som ska användas som reservutgång måste vara av lägst klass B-s2, d0. Inte heller ytorna på första våningen samt ovanför och under reservutgångarna får underskrida kravnivån i förordning (927/2020) om användningen av reservutgången kan äventyras av att ytorna brinner (se närmare i avsnitten 5.3 *Placering av fotoelektriska solenergisystem* och 5.3.3 *Placering på yttervägg*).

Med tanke på personsäkerheten rekommenderas det att utrymmen som behövs för solenergisystemens batterier och växelriktare alltid indelas i brandceller och placeras åtskilt från utrymningsvägar och lokaler där människor inkvarteras eller vistas.

Byggnader i brandklass P3

De största riskerna i byggnader i brandklass P3, såsom egnahemshus och fritidsbostäder, är förknippade med byggnadsmaterial som är brännbart. Byggnaderna i brandklass P3 är relativt små men kan också användas på sätt som är förenade med risker, exempelvis vårdinrättningar, inkvarteringslokaler, mindre skolor, daghem och kontorsbyggnader i ett plan.

I brandsäkerhetsföreskrifterna har inga strikta krav angetts för den yttre beläggningen och isoleringsmaterialen i byggnader i brandklass P3. Fasadytorna får huvudsakligen höra till klass D (till exempel trä). Därför är det särskilt viktigt att man fäster uppmärksamhet vid att solenergisystemets delar är ordentligt brandskyddsisolerade från konstruktioner och ytmaterial som lätt kan antändas (närmare information i avsnitt 5.3.3 *Placering på yttervägg*).

På grund av personsäkerheten rekommenderas det starkt att batterier och växelriktare i synnerhet i bostadshus, inkvarteringsbyggnader och vårdinrättningar placeras i lokaler där ingen vistas eller övernattar (till exempel i tekniska utrymmen eller utomhus). Det rekommenderas att batterier placeras i en egen brandcell där ventilationen är åtskild från bostadsutrymmenas (mer information i avsnitten 5.3 *Placering av fotoelektriska solenergisystem* och 5.4 *Batterier och batterirum*).

Brandklass P0

Eftersom byggnadens brandsäkerhetslösningar helt bygger på specialplanering ska ett solenergisystem som planeras i en byggnad som hör till brandklass P0 beaktas som en del av den övergripande specialplaneringen av brandsäkerheten (även vid efterhandsinstallationer). När ett solenergisystem installeras i efterhand i en byggnad som hör till klass P0 ska en mer omfattande analys göras av hur systemet påverkar byggnadens säkerhet som helhet i det aktuella fallet.

Ta ventilationen i beaktande

När det gäller ventilationen är det viktigt att ta hänsyn till att en eventuell brand och den giftiga rök som bildas i ett solenergisystem inte får spridas med ventilationen genom byggnaden och på det sättet äventyra personsäkerheten. Till exempel i stora byggnader fungerar ventilationen i hela byggnaden eller en del av den också när en brand uppstår i en del av byggnaden. Det här måste beaktas i synnerhet i stora byggnader. Till exempel i köpcentra eller vårdinrättningar kan rök som sprids och blandas med den friska tilluften orsaka en personsäkerhetsrisk i hela byggnaden även om själva branden tack vare brandcellerna inte ännu orsakar någon sådan risk.

Fristående kraftverksfält

El kan produceras för en byggnad också med ett fristående solenergisystem. Ur ett brandsäkerhetsperspektiv rekommenderas det alltid i första hand att solenergisystemet konstrueras åtskilt från byggnaden. Ju större avstånd till byggnaderna, desto mindre är brandfaran för själva byggnaderna. Det är viktigt att notera att rökutvecklingen när ett stort panelfält brinner kan vara mycket kraftig och spridas långt, vilket kan hota säkerheten för människorna i närliggande byggnader.

För att möjliggöra räddningsarbetet och garantera säkerheten i arbetet vid stora, fristående solkraftverksfält ska man ta hänsyn till möjligheterna att närma sig panelfältet från flera olika riktningar, köra runt fältet och ta sig in mellan grupper av paneler (mer information i avsnitt 5.3.1 *Fristående kraftverksfält*).



Brand i flytande solenergianläggning i Ichihara i Japan 2019. Branden orsakades av en taifun som slet loss panelerna så att de travades ovanpå varandra, vilket ledde till att systemet överhettades och antändes. De nästan 51 000 panelerna i systemet var i bruk i ett och ett halvt år innan taifunen slog till. Den här bilden illustrerar behovet av begränsningslinjer och möjligheten till tillträde mellan panelgrupper för räddningsinsatser. (PV-Magazine 2019) (Foto: Asahi.com)



Ovan: spåren efter en gräsbrand och brand i ett solkraftverk i Verwood i England den 11 juli 2022. Gräsbranden har haft liten påverkan på panelfältet. Bilden illustrerar de planerade begränsningslinjerna på området samt möjligheten till tillträde mellan panelgrupperna. (Foto: ovan Max Willcock/BNPS)

Nedan: en transformatorstation i ett solkraftverk brinner i Emmeloord i Nederländerna den 8 april 2020. Bilden illustrerar riskområdena i kraftverksområdet. (Foto: Jeffrey Korte)



3.3 Säkerhetsrisker i räddningspersonalens arbete och konsekvenser för släckningsarbetet

Ur ett arbetarskyddsperspektiv kan riskerna förknippade med fotoelektriska solenergisystem grovt indelas i två kategorier: risker som orsakas av själva systemet och risker som är förknippade med brandspridningen och utmaningar i släckningsröjningen. Ett fotoelektriskt solenergisystem kan orsaka livsfarliga elchocker om systemet är defekt. När vatten används i släckningsarbetet kan det påverka spänningen och öka risken för elchocker. Solpaneler, i synnerhet sådana som är installerade nära ett tak, kan påskynda brandspridningen. Panelen kan vid en brand leda livsfarlig spänning också till taktäckningsmaterial som leder ström eller via släckvatten som ansamlas på takytorna. Fotoelektriska solenergisystem, deras ställningar och stödkonstruktioner kan avsevärt fördröja släckningsröjningen, vilket i sin tur kan öka risken för räddningspersonalen.

I samband med fotoelektriska solenergisystem har bland annat följande risker identifierats:

- Elchocker och brännskador vid kontakt med trasiga paneler, ledningar och andra systemdelar, även elchocker som leds via taktäckningsmaterial eller släckvatten som sprutas och ansamlas på taket. Också regn kan öka risken för elchocker.
- Seriekopplade paneler kan ge upphov till livsfarlig spänning vid en brand även om de bara är exponerade för artificiell belysning, och trots att solenergisystemet har kopplats från byggnadens elnät.
- Panelerna producerar el så länge de får ljus (solljus, artificiellt ljus och ljus från branden). Att täcka över panelerna med tyg är svårt och kan orsaka risk för elchock, och skummedel som stoppar ljus hålls inte kvar på panelerna. Det är mycket besvärligt att stoppa elproduktionen (Läderberg 2017, 50–53).
- För räddningspersonalen uppstår en arbetarskyddsrisk om kablarna på solenergisystemets likströmsida inte kan göras spänningslösa från utsidan av byggnaden. DC-kablar har inga kortslutningsskydd och så länge panelerna producerar el kan en skada i kabelns isoleringsmaterial vid en brand orsaka kortslutning och en ljusbåge mellan likströmskablarna. Om panelerna producerar el slocknar inte ljusbågen förrän panelerna har frånskilts så att de inte är strömförande. Ljusbågen kan också gå in i byggnaden.
- I synnerhet ett fotoelektriskt solenergisystem som är integrerat i taktäckningen och systemets delar som är under spänning kan vara svåra att upptäcka särskilt i de utmanande förhållandena under släckningsarbetet (dålig sikt vid brand, systemdelar täckta av smutsigt släckvatten som ansamlats på taket, mörker osv.).
- Ljusbågar som kan vara livsfarliga orsakar brännskador och sprider branden.
- Skorstensverkan (när branden sprids snabbare i hålutrymmen som bildas mellan solpanelerna) och giftiga rökgaser.
- Solpaneler kan ge upphov till ytor som släckvattnet inte når och hinder för släckningsröjningen när en brand sprider sig på ytterväggar och takytor. Då kan det vara svårt att släcka en brand under panelerna utan att röra dem. Det kan vara svårt att få släckvattnet in i ett brinnande hålutrymme. Det kan till och med vara livsfarligt för räddningspersonalen att hantera och riva solpaneler som utsatts för brand och skadats.
- Ras och fallande konstruktioner eller delar av ett solenergisystem, det vill säga effekten av solenergisystemets tyngd på rashastigheten om branden har försvagat konstruktionerna
- Svårigheterna med att släcka batteribränder samt de mycket giftiga rökgaserna.
- Halkrisk på grund av paneler på takytorna.



Vatten som ansamlas på taket under släckningen av en elbrand kan medföra en allvarlig risk för elchocker för räddningspersonalen. Räddningspersonalen har byggt gångbroar av lastpallar för att förbättra sin arbets säkerhet vid en solpanelsbrand. (Foto: Pääjänne-Tavastlands räddningsverk)



Solpanel som slagits sönder med en spade. Den elkrets som panelen var kopplad till bröts inte när panelen slogs sönder, och spänning fortsatte produceras tills kablarna klipptes av.

Foto från Satakunta yrkeshögskolas projekt om säkerheten i solenergisystem vid bränder år 2021.

Det kan vara mycket svårt att nå brinnande konstruktioner under solpaneler med släckvatten, särskilt om panelerna bildar en stor, sammanhängande yta.

Foto från en hotellbrand i Laholm i Sverige den 22 augusti 2021.
(Foto: Roger Larsson)





För att släckningsarbetet ska lyckas och räddningspersonalen kunna arbeta tryggt är det ytterst viktigt att panelfältet delas in i sektioner som man tryggt kan röra sig mellan och arbeta i. Det är mycket svårt och riskabelt ur arbetarskyddssynpunkt att släcka ett stort, sammanhängande panelfält. (Foto: Cecil Daily)



I Noordburgum i Nederländerna inträffade våren 2021 en enorm brand med oklar orsak. Byggnaden användes för förvaring av virke och den hade 1 600 solpaneler på taket. Branden förstörde både lagret och den intilliggande bondgården. Solpanelerna splittrades av eldens kraft och de vassa skärvorna spriddes med röken över stora områden flera kilometer från brandplatsen där de förstörde boskapens betesmarker. Branden var så kraftig att räddningsverkets materiel skadades av hettan och personalen var tvungen att inte bara släcka branden utan också kyla ner till exempel sin hävare. Bilden illustrerar behovet av flera alternativa sätt att ta sig till området vid räddningsinsatser. (PV-Magazine 2021; Omrop Fryslân 2021; Waldnet 2021) (Foto: CAMJO Media)

4 Bestämmelser

4.1 Allmänna krav

De förpliktande krav som gäller byggande av fotoelektriska solenergisystem finns i markanvändnings- och bygglagen (MBL 132/1999) och markanvändnings- och byggförordningen (MBF 895/1999), som utfärdats med stöd av den lagen, samt i miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet (MMf 848/2017) och förordningen om ändring av den (MMf 927/2020).

I markanvändnings- och bygglagen finns bestämmelser i anslutning till byggande. Med stöd av den lagen meddelar kommunerna närmare föreskrifter om byggandet i form av detaljplaner, byggnadsordningar och bygganvisningar. I markanvändnings- och bygglagen och med stöd av den i kommunernas byggnadsordningar anges när bygglov eller åtgärdstillstånd behövs för att få bygga (MBL 132/1999 4 §, 14 §, 20 §, 125 §, 126 § och 126 a §).

Solpaneler installeras ofta på tak och väggar, vilket enligt lagen kräver åtgärdstillstånd, eftersom det är fråga om en så kallad fasadåtgärd. Om åtgärden kan betraktas som ringa får kommunen i byggnadsordningen föreskriva att inget åtgärdstillstånd behövs (MBL 132/1999 126 a § 1 och 2 mom.).

Varken markanvändnings- och bygglagen eller markanvändnings- och byggförordningen tar direkt upp fotoelektriska solenergisystem förutom i fråga om deras tillståndspliktighet. Installation eller byggande av solpaneler eller solfångare som märkbart påverkar stadsbilden eller miljön kräver åtgärdstillstånd (MBL 132/1999 126 a §). I praktiken föreskrivs det om åtgärders tillståndspliktighet i byggnadsordningen i respektive kommun, där också solenergisystemens eventuella tillståndspliktighet tas upp.

Solkraftverk bör inte placeras i områden där det hanteras och lagras farliga kemikalier utan en riskbedömning. För mindre hanterings- och lagringsplatser (under räddningsverkens tillsyn) bör placeringen diskuteras med räddningsmyndigheten, för storskaliga hanterings- och lagringsplatser med Säkerhets- och kemikalieverket.

I planeringsfasen bör man med räddningsmyndigheten diskutera brandsäkerhetsarrangemangen för solkraftverk som är större än mikroproduktionsanläggningar (= effekt högst 50 kVA).

I 28 § i motiveringspromemorian om miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet (MMf 848/2017) anges följande i fråga om brandsäkerheten för byggnaders taktäckning:

Taktäckningen får inte med lätthet antändas av en brand i en grannbyggnad. En brand får inte spridas i taktäckningen eller underlaget på ett sätt som föranleder fara. Taktäckningen ska vara av klass BROOF(t2). Taktäckning som inte hör till klass BROOF(t2) kan dock godkännas för en fristående byggnad som saknar eldstad eller i specialfall även för en annan byggnad, förutsatt att det inte föranleder fara för regional brand. Stora takytor ska indelas i högst 2 400 kvadratmeter stora delar. Kravet gäller inte fall där underlaget till taktäckning är lägst av klass A2-s1, d0 eller andra lösningar vars brandsäkerhetsnivå kan anses godtagbar.

Vanligen krävs inga särskilda brandsäkerhetsåtgärder när man installerar solpaneler på ett tak. Om solpaneler installeras på en relativt stor takyta behöver man kontrollera att panelerna inte väsentligt ökar risken för att en brand sprids i taktäckningen eller underlaget.

Detta kan baseras på solpanelernas och montageutrustningens brandbelastning och brandegenskaper i förhållande till de godtagbara taktäckningarna. Elsäkerheten ska beaktas när man bedömer räddningspersonalens säkerhet i arbetet.

Det bör noteras att fotoelektriska solenergisystem kan byggas också på andra ställen än tak, även om den ovannämnda brandsäkerhetsförordningen närmast nämner takinstallationer. Markanvändnings- och bygglagen kräver i vilket fall som helst att byggnader projekteras och uppförs så att de är säkra vid brand, att risken för att bränder uppkommer och sprids begränsas och att byggprodukter och tekniska anordningar som är lämpliga med avseende på brandsäkerheten används när byggnaden uppförs. Dessutom föreskrivs det i den lagen att räddningspersonalens säkerhet ska beaktas vid byggande (MBL 132/1999 117 b §).

Om bygglov krävs för projektet utför byggnadstillsynsmyndigheten de syner som anges i bygglovet (ibruktagningssyn/slutsyn). Vid behov och enligt överenskommelse deltar också räddningsmyndigheten i dessa syner i bygglovsfasen.

Även om byggnadstillsynsmyndighetens tillstånd inte förutsätts för ett solkraftverk rekommenderas det att fotoelektriska solenergisystem som är större än mikroproduktionsanläggningar (=effekt högst 50 kvA) anmäls till räddningsverket och räddningsmyndigheten ges tillfälle att inspektera dem innan de tas i bruk.

4.2 Krav enligt elsäkerhetslagen

De förpliktande krav som gäller fotoelektriska solenergisystems elsäkerhet baserar sig på elsäkerhetslagen (ESL 1135/2016) och statsrådets förordningar om elanläggningar (SRf 1434/2016) samt elarbeten och driftsarbeten (SRf 1435/2016), som utfärdats med stöd av den lagen.

Produktionen, överföringen och distributionen av el regleras i elmarknadslagen (588/2013) och statsrådets förordning om elmarknaden (65/2009).

Elmarknadslagen ålägger elnätsinnehavare att på begäran till sitt elnät ansluta de eldriftsställen och kraftverk som uppfyller de tekniska kraven. Denna skyldighet gäller också små produktionsanläggningar och mikroproduktionsanläggningar såsom fotoelektriska solenergisystem i egnahemshus (Energiindustrins nätrekommendation YA9).

Elsäkerhetslagen tillämpas på elektrisk utrustning och elanläggningar som används vid produktion, överföring, distribution eller användning av el och vilkas elektriska eller elektromagnetiska egenskaper kan förorsaka risk för skada eller störningar.

Ett fotoelektriskt solenergisystem är en del av fastighetens elanläggningar. Kraven i elsäkerhetslagen gäller därmed också solenergisystem. Enligt lagen ska ett fotoelektriskt solenergisystem konstrueras, byggas, tillverkas och repareras samt underhållas och användas i enlighet med sitt användningsändamål på ett sådant sätt att systemet inte medför fara för någons liv, hälsa eller egendom.

Tekniska krav som gäller fotoelektriska solenergisystem har meddelats i standarder för elbranschen. Säkerhets- och kemikalieverket publicerar en förteckning (S10) över de standarder som ska följas för att lagens elsäkerhetskrav ska anses vara uppfyllda. Standarderna inom elbranschen följs också i det närmaste som om de vore föreskrifter.

Detaljerade tekniska krav på fotoelektriska solenergisystem anges i standardserien om lågspänningselinstallationer SFS 6000 i avsnittet Fotoelektriska solenergisystem, och tekniska krav på mikrogeneratorer som fungerar parallellt med distributionsnätet anges i standarden SFS-EN 50549-1:2019 EN. Om standarderna följs säkerställs elsäkerheten vid installation och användning av fotoelektriska solenergisystem.

I standarden IEC 62548 anges allmänna konstruktionskrav på solcellsanläggningar. I standarden beskrivs bland annat den allmänna sammansättningen av ett fotoelektriskt solenergisystem, och de grundläggande begreppen i samband med solcellsanläggningar definieras. Tilläggsanvisningar för planeringen av stora anläggningar monterade på markställningar finns i standardpublikationen IEC/TS 62738.

Andra publikationer och anvisningar att ta hänsyn till i planeringen av solkraftverk:

Generatoranläggningar:

- EU-kommissionens förordning 2016/631
- Fingrid VJV 2 018
- SFS-EN 50549-1:2019
- Energiindustrins Sähkön pientuotannon tekniset vaatimukset (2021)
- Nätbolagets anvisningar

- Kartoteket ST-kortisto:
 - ST 55.32 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät
 - ST 55.36 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastuspöytäkirja
- ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu ja toteutus

4.3 Elarbeten, besiktningar och anmälningar i samband med ibruktageand

Den som installerar fotoelektriska solenergisystem ska ha rätt att utföra elinstallationer i fastigheter i enlighet med elsäkerhetslagen (1135/2016). Säkerhets- och kemikalieverket för ett register över verksamhetsutövare som har rätt att utföra elarbeten.

Ibruktagningsbesiktning och protokoll

En elanläggning får tas i bruk först när det har säkerställts att den uppfyller de relevanta säkerhetskraven. För att säkerställa elsäkerheten ska en ibruktagningsbesiktning av elanläggningen alltid genomföras innan den tas i bruk. Den som bygger en elanläggning ska sörja för ibruktagningsbesiktningen av elanläggningen och till anläggningsinnehavarens förfogande sätta upp ett besiktningsprotokoll över besiktningen. Av protokollet ska framgå anläggningens identifieringsuppgifter, namnet på och kontaktuppgifterna för den som byggt elanläggningen och ledaren av elarbeten, utredning om att elanläggningen stämmer överens med bestämmelser och föreskrifter, tillämpliga standarder, allmän beskrivning av besiktningsmetoderna samt besiktnings- och provningsresultat.

Ibruktagningsbesiktningen för ett fotoelektriskt solenergisystem beskrivs i standardserien SFS 6000 om lågspänningseinstallationer och i standarden SFS-EN 62446-1 om fotoelektriska solenergisystem, där krav anges för dokumentationen, underhållet och testningen av system som är kopplade till elnätet.

Om man vid byggandet har avvikit från standarder och publikationer som motsvarar de väsentliga säkerhetskraven ska man till besiktningsprotokollet foga en utredning över de lösningar som valts för att de väsentliga säkerhetskraven ska uppfyllas och en beskrivning av hur lösningarna uppfyller de väsentliga säkerhetskraven samt beställarens samtycke till att avvikelse får göras från standarderna eller publikationerna.

Den som utfört besiktningen ska underteckna besiktningsprotokollet eller bestyrka det på något annat tillförlitligt sätt.

Certifieringsbesiktning av elanläggningar

Utöver kravet på ibruktagningsbesiktning innehåller elsäkerhetslagen ett krav på en så kallad certifieringsbesiktning som utförs av en tredje part. Kravet på certifieringsbesiktning bestäms enligt elsäkerhetslagens klassificering av elanläggningar. Utöver ibruktagningsbesiktning ska elanläggningar genomgå en certifieringsbesiktning i bostadsobjekt och andra byggnader som är större än ett parhus och vid betydande ändrings- och utbyggnadsarbeten på elanläggningarna i dem, och märkströmmen för ändringsområdets överströmsskydd är högst 35 A. Ett sådant ändringsarbete när den angivna strömgränsen överskrids är till exempel en utvidgning av anläggningen med ett solenergisystem. För objekt där en driftsledare måste utses för elanläggningen är gränsen för certifieringsbesiktningsskyldigheten en märkström på över 250 A.

Den som bygger ett fotoelektriskt solenergisystem är skyldig att se till att elanläggningen utöver ibruktagningsbesiktning också genomgår certifieringsbesiktning. Certifieringsbesiktningen utförs av en auktoriserad besiktningsman eller ett auktoriserat organ. Ett besiktningsintyg ska utarbetas och ges till anläggningsinnehavaren.

4.4 Underhåll och periodisk besiktning av elanläggningar

Underhåll av elanläggningar

Elanläggningens innehavare (den som äger eller hyr den) ansvarar för anläggningens säkerhet, det underhåll som behövs för att hålla anläggningen i skick samt för att anläggningen uppfyller kraven enligt elsäkerhetslagen. Innehavaren av en elanläggning ska också se till att anläggningens skick och säkerhet övervakas och att de brister och fel som upptäckts avhjälpas tillräckligt snabbt.

För större elanläggningar (anläggningsklass 2 eller 3 enligt elsäkerhetslagen) ska det göras upp ett underhållsprogram för upprätthållande av elsäkerheten. För andra elanläggningars del kan programmet ersättas med bruks- och serviceanvisningar för apparatur och anläggningar.

Särfrågor som gäller bland annat föregripande underhåll och reparationer av fotoelektriska solenergisystem tas upp och anvisningar om dem ges i standarden SFS-EN IEC 62446-2.

Solenergisystemets skick ska övervakas regelbundet som en del av elanläggningen. Till exempel panelerna är utsatta för särskild väderbelastning. Om en panel går sönder kan vatten som tränger in i panelen orsaka oxidering och kortslutning. Om någon av systemets delar utsätts för en extern skada ska den skadade delen repareras eller bytas ut på grund av risken för elchocker och brandrisken. Om systemet skadas ska det repareras omedelbart av en yrkeskunnig elentreprenör enligt tillverkarens anvisningar.

Periodisk besiktning av elanläggningar

Underhållet av elinstallationer kompletteras av lagstadgade periodiska besiktningar under användningstiden. För att säkerställa elsäkerheten föreskrivs det i lag att elanläggningar ska genomgå periodisk besiktning enligt vilken elanläggningsklass de tillhör. Skyldigheten att utföra periodiska besiktningar gäller alla byggnader som inte är bostadshus och där överströmsskyddets märkström är över 35 A. Besiktningens intervall är fem år för eldistributionsnät och tio år för andra system som omfattas av besiktningsskyldigheten. Vid en periodisk besiktning säkerställer man bland annat att elanläggningen kan drivas på ett tryggt sätt, att underhållet är tillräckligt för att upprätthålla en tillräcklig säkerhetsnivå och att de åtgärder som krävs i underhållsprogrammet har utförts på anläggningen.

Den periodiska besiktningen kan utföras av ett auktoriserat organ som utses av Säkerhets- och kemikalieverket eller av en auktoriserad besiktningsman. Den som utför en periodisk besiktning ska till anläggningsinnehavarens förfogande utfärda ett besiktningsprotokoll och fästa en besiktningsdekal på huvudcentralen eller på motsvarande ställe som bevis på utförd besiktning.

Elsäkerhetslagstiftningen:

Elsäkerhetslagen (ESL 1135/2016) 1 §, 2 §, 4 §, 6 §, 31 §, 33 §, 43 §, 44 §, 45 §, 46 §, 49 §, 50 §, 55 § och 84 §.

Statsrådets förordning om elanläggningar (SRf 1434/2016), 5 §, Bilaga: Väsentliga säkerhetskrav för elanläggningar.

4.5 Anslutning av en anläggning till eldistributionsnätet

Om ett fotoelektriskt solenergisystem ansluts till elnätet ska det lokala nätbolaget underrättas. Nätbolaget strävar efter att bidra till en säker användning och försäkra sig om att systemet är lämpligt för anslutning.

En generatoranläggning som verkar parallellt med distributionsnätet ska förses med anordningar som kan koppla den från det allmänna distributionsnätet och som kontinuerligt ska vara tillgängliga för innehavaren av det allmänna distributionsnätet. Anslutningens huvudbrytare eller en separat huvudbrytare för generatoranläggningen kan fungera som en sådan anordning för frånskiljning. Anslutningens innehavare och nätbolaget ska komma överens om detta.

I anläggningar där reservkraft används ska man säkerställa att generatören inte kan fungera parallellt med det allmänna distributionsnätet vid en nätstörning. Det kan man till exempel göra med hjälp av automatisering eller en trestegsombkopplare som bryter nätmatningen innan reservkraftsmatningen kopplas på. Om en fastighet utöver reservkraft har ett fotoelektriskt solenergisystem ska man säkerställa att reservkraften vid en eventuell störning i elnätet fungerar som planerat oberoende av solenergisystemet. Det här kan man till exempel göra genom att man med styrning förhindrar att solenergisystemets växelriktare startar i en situation där reservkraft används.

5 Föreskrifter och rekommendationer för säkrare fotoelektriska solenergisystem

I avsnitt 4 behandlas frågor som gäller konstruktion av, tillståndskrav för och elsäkerhetskrav för fotoelektriska solenergisystem. I det här avsnittet har vi samlat andra krav med anknytning till förbättring av säkerheten i fotoelektriska solenergisystem samt, utifrån räddningsbranschens perspektiv och 9 § i räddningslagen, rekommendationer om aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå en hög brandsäkerhet.

I standarden SFS 6000-7-712:2022 om fotoelektriska solenergisystem konstateras: **“OBS. De nationella eller lokala brandsäkerhetskraven ska följas.”**

5.1 Frånskiljning av ett system eller en del av det, markeringar och varningar

Säkerhetskraven i avsnitt 4 ska uppfyllas när fotoelektriska solenergisystem projekteras och byggs. Dessutom:

Frånskiljning

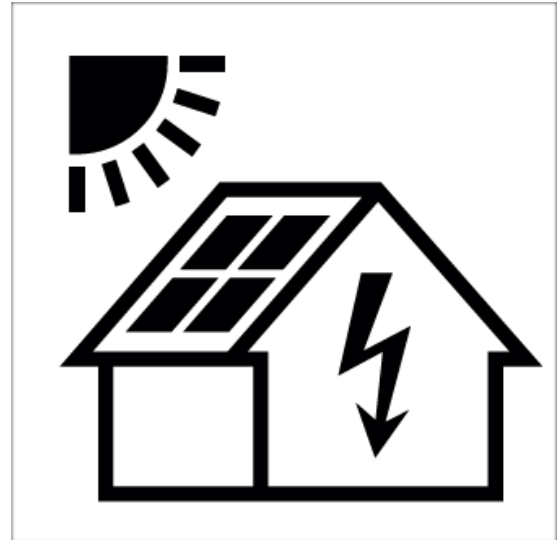
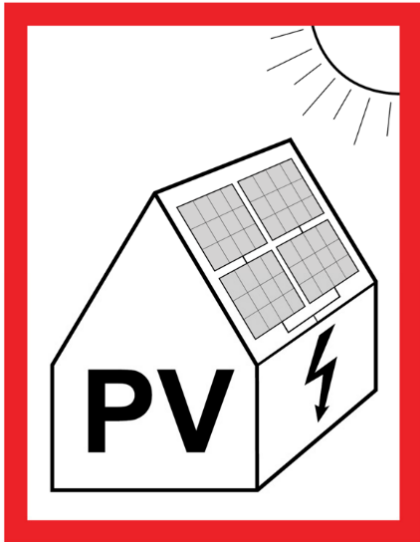
För att växelriktaren ska kunna underhållas och bytas ut ska det finnas anordningar för frånskiljning så att växelriktaren kan skiljas från likströmsdelen och växelströmsdelen.

Därmed ska ett fotoelektriskt solenergisystem ha:

- AC-säkerhetsbrytare för växelströmsdelen, för att efter växelriktaren helt koppla bort solenergisystemet från fastighetens elnät. Det rekommenderas att säkerhetsbrytaren placeras utanför byggnaden eller i elhuvudcentralens omedelbara närhet så att nätbolaget och räddningspersonalen kommer åt den. I stora kraftverk kan växelströmsbrytare placeras på annan plats, till exempel vid kraftverkets transformator.
- Anordningar för frånskiljning (DC-brytare som är integrerad i växelriktaren och lämplig för frånskiljning eller separat DC-säkerhetsbrytare) för likströmsdelen (DC-delen) för att koppla bort den spänning som solpanelerna producerar från fastighetens elnät. När växelriktaren stängs av med en integrerad DC-brytare eller när en AC-brytare slås på kan DC-delen som är strömlös därefter skiljas från likströmsdelens beröringsskyddade kontakter så att underhållet av växelriktaren kan utföras när den är pålitligt frånskild.
- Särskilda DC-säkerhetsbrytare är motiverade när DC-kablarna löper långa avstånd inne i byggnaden utan att vara brandskyddade.

Markeringar och varningar

- För att säkerställa underhållspersonalens, inspektörernas, nätservicepersonalens, räddningspersonalens och andras säkerhet förutsätts det att ett objekt som innehåller ett fotoelektriskt solenergisystem markeras med en sådan skylt som visas på bilden nedan. Skylten ska placeras vid elinstallationens anslutningspunkt eller mätpunkten för elenergin, om den är åtskild från installationens anslutningspunkt, och vid elcentralen som matas av växelriktaren. På de här ställena ska skyltens storlek vara minst A5 om utrymmet tillåter (SFS 6000 kräver bland annat att märken och skyltar ska kunna läsas på 0,8 meters avstånd).



- Fara som uppstår i ett fotoelektriskt solenergisystem som är kopplat till elnätet ska signaleras med en varningsskylt (bilder ovan).
- Solenergisystemets kablar ska markeras enligt standarden.
- I likströmsdelen ska alla anordningar som innehåller spänningssatta delar och är åtkomliga, såsom elcentraler och anslutningscentraler, ha en permanent markering som anger att delarna kan vara spänningssatta trots att de frånkopplats, till exempel med texten "Likspänning från solceller – spänningssatta delar kan vara spänningssatta efter frånskiljning" (bild nedan).



5.2 Förbättrad säkerhet i räddningsarbetet och bättre brandsäkerhet

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

- Frånskiljningsanordningar i likströmsdelen bör placeras utanför byggnaden så att byggnaden kan göras spänningslös på insidan vid en brand med ovannämnda frånskiljningskopplare. Beroende på fallet och enligt överenskommelse med räddningsmyndigheten kan de också placeras i ett lämpligt tekniskt utrymme i närheten av växelriktaren.
- Man bör undvika att placera DC-kablar i brännbara konstruktioner och i långa installationer på byggnadens insida.
- Det rekommenderas att seriekoppling av paneler i ett solenergisystem utförs så att seriekopplingen kan frånkopplas med frånskiljningskopplare i system som är placerade i byggnader.
- Seriekopplingens frånskiljningskopplare ska placeras på en plats som räddningsverket lätt kommer åt, till exempel i närheten av fastighetens brandlarmcentral, rökventilationscentral eller den släckningsväg som överenskommit med räddningsmyndigheten.
- Det rekommenderas att obrännbart material placeras bakom och under alla säkerhetsbrytare om inte underlaget i sig är obrännbart. Om till exempel en brytare som placerats på en fasad skadas kan den lätt orsaka en spridning av branden till byggnadens väggkonstruktioner och takfot.
- Det rekommenderas att vägen till alla brytare märks ut med reflekterande stenar och markeras i objektskortet för fastighetens fotoelektriska solenergisystem (se avsnitt 5.6).
- Skyltar och markeringar vid solenergianläggningar bör vara tillräckligt stora i räddningsverkets ankomst-riktning så att de syns på ett avstånd som är säkert med tanke på räddningsarbetet. Om fastighetens uppfart har en skylt som förtydligar adressangivelserna rekommenderas det att uppgifter om solenergisystemet som är relevanta för räddningsarbetet anges också där.
- Det rekommenderas också att varningsmärken placeras under fastighetsstegen, vid yttertrappor som leder till taket och på alla dörrar som leder till taket.
- Om en fastighet har både reservkraft och ett fotoelektriskt solenergisystem ska man säkerställa att reservkraften vid en eventuell störning i elnätet fungerar som planerat oberoende av solenergisystemet.

5.3 Placering av fotoelektriska solenergisystem

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

- Vid en brand kan solpanelernas ramar av aluminiumlegering smälta redan innan panelen slutar producera ström. Om solpanelen är placerad på ett underlag som inte är obrännbart bör man till exempel med ett ändamålsenligt obrännbart underlag eller panelernas placering förhindra att branden sprids genom droppar.
- Vid behov bör även exceptionell vind- och snöbelastning tas i beaktande i dimensioneringen av solenergisystemets (i synnerhet panelernas) montering.
- Om solpanelerna är brännbara och installerade på en stor yta på ytterväggarna eller taket kan de tolkas som brännbara ytterväggs- eller takytor, och omfattas då av kraven i miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet (MMf 848/2017 och MMf 927/2020, 25 §, 26 §, 28 § och tabell 8 samt MMf motiveringspromemoria, s. 30).
- I byggnader som hör till brandklass P0 bör man inte installera paneler av brännbart material utan att utreda hur de påverkar specialplaneringen av byggnadens brandsäkerhet, eftersom ett solenergisystem har en stor inverkan på byggnadens säkerhet som helhet (se avsnitt 3.2 *Brandklass P0*).
- Ur ett brandsäkerhetsperspektiv rekommenderas det i första hand att solenergisystemet konstrueras åtskilt från byggnaden.

Om panelmaterialet är brännbart bör panelerna inte installeras (jfr RL 10 § och MMf 848/2017 26 § och 31 §)

- i utgångarnas (ytterdörrar, trapphusdörrar osv.) omedelbara närhet, ett avstånd på minst 4 meter till de ovannämnda objekten rekommenderas
- i öppna utgångar (yttertrappa, loftgång osv.) eller deras omedelbara närhet, ett avstånd på minst 4 meter till dessa objekt rekommenderas
- på balkonger som är reservutgångar
- ovanför eller under fönster och balkonger som är reservutgångar
- på sidorna av fönster och balkonger som är reservutgångar, ett avstånd på minst 4 meter i sidled till dessa objekt rekommenderas.

5.3.1 Fristående kraftverksfält

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

För panelfält som är större än mikroproduktionsanläggningar (= effekt upp till 50 kVA) är det lämpligt att redan i planeringsskedet rådgöra med den lokala räddningsmyndigheten om hur räddningsinsatserna ska ordnas. Särskilt för panelfält som är belägna nära bostads- och industriområden och för solkraftverk i industriell skala är det bra att i ett tidigt skede av planeringsprocessen tillsammans komma överens om arrangemangen.

Beakta kraftverksfältets placering i planeringen

För att begränsa brandspridning och minska brandskadorna bör kraftverksfält som är större än mikroproduktionsanläggningar (= effekt upp till 50 kVA) placeras på minst åtta meters avstånd från byggnader. Om det är nödvändigt att placera kraftverksfältet närmare byggnader ska fasaden som vetter mot anläggningen vara av obrännbart material och uppfylla sektioneringskravet enligt byggnadens brandklass till skydd mot yttre brand.

Vid planeringen av ett panelfält bör man beakta att undervegetationen och markbeskaffenheten kan öka risken för brandspridning. Om det är möjligt att ta hänsyn till detta vid planeringen är ett obrännbart underlag (till exempel en grusplan i ett industriområde) det bästa alternativet. Om det är möjligt att ta hänsyn till områdets terrängtyp när man planerar placeringen av ett kraftverksfält, är en terrängtyp med mindre torr vegetation att föredra framom till exempel torr gräsmark eller torr ängsmark. Det är också möjligt att placera ett kraftverksfält på en brännbar yta, med beaktande av rekommendationerna senare i detta kapitel om begränsningslinjer och skydd av miljön runt riskplatser med hjälp av icke brännbart material. Ju närmare grundvattennivån markytan ligger, desto mindre torr brännbar torv finns det under kraftverket. Dessutom kan man minska risken för att elden sprider sig under panelerna genom att plantera växter under dem. Därför rekommenderas återvegetation av torvbasen på en tidigare torvproduktionsplats genom att hålla grundvattennivån så hög som möjligt, i enlighet med miljömyndigheternas anvisningar.

Operatörens ansvar för säkerheten på platsen

Riskerna under byggandet av solkraftverket bör kartläggas och beaktas i säkerhetsarrangemangen för kraftverkets byggarbetsplats. När det gäller stora solkraftverk i industriell skala är det bra att tillsammans med räddningsmyndigheten komma överens om arrangemangen för räddningsinsatser under byggtiden.

För att garantera säkerheten och förhindra vandalism bör man planera för tillräcklig övervakning av solkraftverksområdet. Den lösning som rekommenderas är realtidsövervakning av området från operatörens kontrollrum. Operatören bör också planera för att det finns tillgång till behövlig expertis som har beredskap att stödja räddningsinsatserna och för att en expert tillräckligt snabbt kan ta sig till området.

Tillträde till kraftverksfältet bör förhindras genom lämpliga arrangemang för att förhindra vandalism och för att garantera människors och djurs säkerhet. Arrangemangen bör ta hänsyn till de omgivande förhållandena; till exempel bör man förhindra att bommar eller portar kan passeras (av mopeder, fyrhjulingar, snöskotrar). Med hänsyn till personsäkerheten bör tillträde till områden där livshotande spänningar kan förekomma förhindras. Man bör förhandla med den lokala räddningsmyndigheten om lämplig åtkomst och tillfartsvägar för räddningsinsatser (till exempel officiella vägspärrar eller dyligt).

Baserat på operatörens riskbedömning för självskydd bör kraftverksområdet utrustas med tillräcklig och lämplig primärsläckningsutrustning, skyddad från vandalism, till exempel nära ingångar och riskområden.

För stora solkraftverk i industriell skala rekommenderas det att en räddningsplan upprättas, även om det inte är obligatoriskt enligt lag. Räddningsplanen kan också ingå i något annat lämpligt säkerhetsdokument för kraftverksområdet.

Kraftverksfältets tillgänglighet för räddningsinsatser

Vid planeringen av fristående kraftverksfält bör man ur räddningssynpunkt också ta hänsyn till följande

- tillfartsvägar till kraftverksfältet från flera håll som följer det regionala räddningsväsendets anvisningar för dimensioneringen av räddningsvägar, så att området kan nå trots rökbildning
- om detta inte är möjligt på grund av omständigheterna, bör en alternativ lösning för att nå området trots rökbildning planeras i samarbete med räddningsväsendet
- tillfartsvägar till kraftverksfältet som följer det regionala räddningsväsendets anvisningar för dimensioneringen av räddningsvägar (med särskild hänsyn till vägarnas bärighet och behövliga svängradier), och
- möjligheten att köra runt fältet och panelgrupperna med tunga fordon
- om detta inte är möjligt på grund av omständigheterna, bör man planera in vändplatser på tillfartsvägarna till fältet eller möjlighet att köra runt en del av modulerna så att de alla kan nås av tung räddningsmateriel
- om fältet delvis avgränsas av en naturlig gränslinje, till exempel ett naturligt vattendrag, kan man från fall till fall överväga att utesluta möjligheten att köra runt området.

Begränsning av brandspridning på och kring kraftverksområdet

För riskområden på ett fristående kraftverksfält och för utrustning som krävs för räddningsinsatser, till exempel centrala växelriktare, elkopplare, kopplingsfält, elcentraler, eventuella batterier, batterirum och transformatorer:

- platserna ska skyddas av obrännbart material på tillräckligt långt avstånd
- de ska vara placerade på en lättillgänglig plats, längs räddningsvägar
- de ska ligga på tillräckligt avstånd från solpanelerna
- transformatorer och batterirum bör ligga på tillräckligt avstånd från varandra eller vara indelade i brandceller (se avsnitt 5.4 batterirum)
- växelriktare (så kallade string-inverters) som ingår i panelgrupper kan också vara placerade på panelfältet, men marken under dem bör skyddas av obrännbart material på tillräckligt avstånd
- vid behov måste man också ta hänsyn till de särskilda kraven för brandcellsindelning av transformatorer
- det rekommenderas att platserna skyddas mot väder och vind om utrustningen kräver det
- spridning av brand till omgivningen bör förhindras genom tillräckligt breda zoner av obrännbart material (till exempel stenkross) runt dessa platser, zonernas bredd bör vara sådan att de kan begränsa brandspridningen, med hänsyn till räddningsverkets beredskap att verka i området
- man bör förhindra att träd kan falla på dessa komponenter.

Solpanelsfälten bör också förses med begränsningslinjer och tillfartsvägar mellan panelgrupperna och mellan panelfältet och det omgivande området för att möjliggöra brandbekämpning och -begränsning:

- begränsningslinjer inom kraftverksområdet kan utgöras av tillfartsvägar som följer det regionala räddningsväsendets anvisningar om dimensionering av räddningsvägar eller med tillräckligt breda zoner av obrännbart material mellan panelgrupperna

- avståndet mellan begränsningslinjerna bör vara ungefär lika stort som vattenkanonens räckvidd (avstånd cirka 60–70 meter) om en brand på panelfältet hotar annan verksamhet (till exempel bostadsområde, industriområde) i närheten
- om en brand på panelfältet inte direkt hotar andra funktioner i närheten, bör man i samarbete med räddningsmyndigheten och med hänsyn till fältets form och tillfartsvägar planera lämpliga begränsningslinjer för att begränsa egendomsskador
- i utkanten av kraftverksområdet kan begränsningslinjerna mot den omgivande terrängen utgöras av vägar som följer det regionala räddningsväsendets anvisningar om dimensionering av räddningsvägar, naturliga vattendrag, tillräckligt breda vattenfyllda diken eller gränzoner i terrängen med en tillräckligt bred obrännbar yta.

Arrangemang för att stödja räddningsinsatser

Det rekommenderas att man i närheten av kraftverksfältet, då det är möjligt, säkerställer tillgång till släckvatten längs tillfartsvägarna på tillräckligt avstånd. Om det inte finns något utbyggt släckvattennät i området rekommenderas att särskilda arrangemang görs för släckvattenförsörjningen på ett sätt som är förenligt med området. Sådana arrangemang kan till exempel vara att använda naturliga vattenkällor som ligger tillräckligt nära området eller befintliga brandvattenreservoarer (torvproduktionsområden) om de ligger längs en väg som är tillgänglig för tung räddningsmateriel och är lämpliga för vattenuttag. Arrangemang för släckvatten bör utformas i samarbete med räddningsmyndigheten från fall till fall, med hänsyn till områdets specifika egenskaper och möjligheter.

Kabelstråk i kraftverksområdet bör utformas på ett konsekvent sätt och vara identifierbara för att underlätta räddningsinsatser.

Vid ingångarna till kraftverksområdet ska det för räddningssyften finnas skyltar som tydligt anger räddningsvägarna i området, panelområdets sektionsindelning och sektionsidentifiering samt annan utrustning och eventuella anläggningar i anknytning till kraftverkets säkerhet och som räddningsväsendet behöver. Vid behov bör också panelsektionerna på stora kraftverksfält markeras tydligt med skyltar. En karta över området och information om platsen ska lämnas till räddningsverket (se även avsnitt 5.6). Kraftverksområdet ska också förses med nödvändiga varningsskyltar, se avsnitt 5.1.

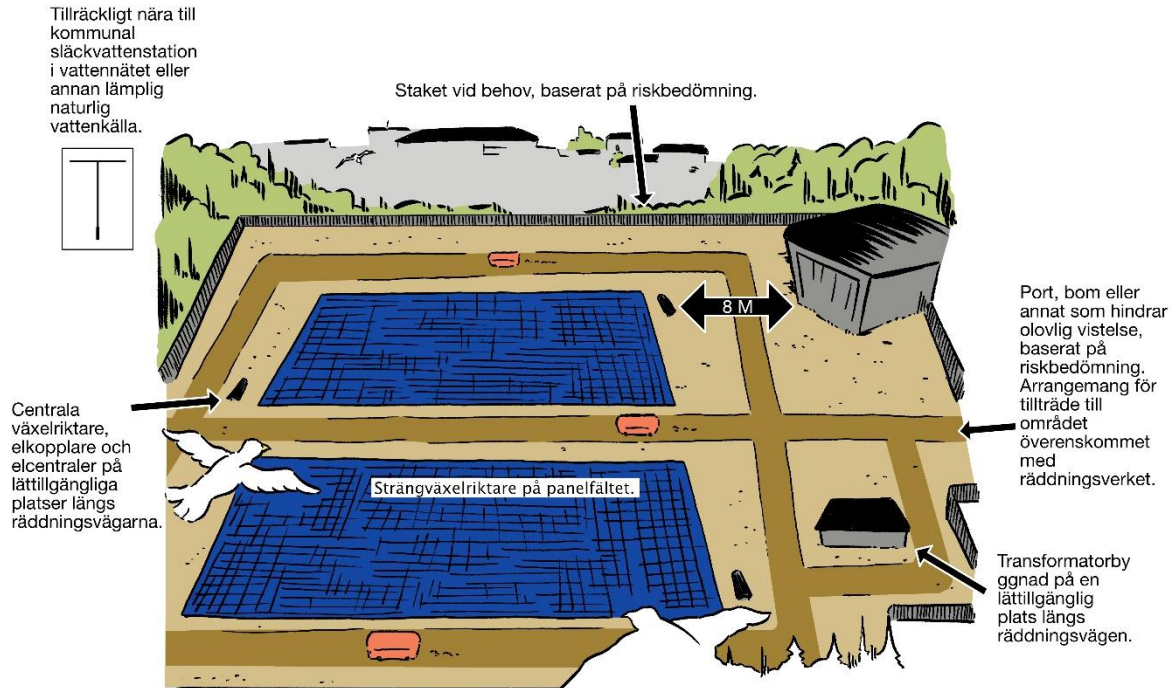
Underhåll och skötsel av kraftverksområdet

En underhålls- och serviceplan för kraftverksområdet bör upprättas med hänsyn till följande

- adekvat skötsel av undervegetation
- bekämpning av sly i eventuella diken eller områden som fungerar som gränslinjer omkring kraftverksfältet
- underhåll av de arrangemang för släckvatten som upprättats på eller i närheten av kraftverksfältet
- att underhållsarbeten utförs på ett sätt som är säkert och förhindrar antändning.

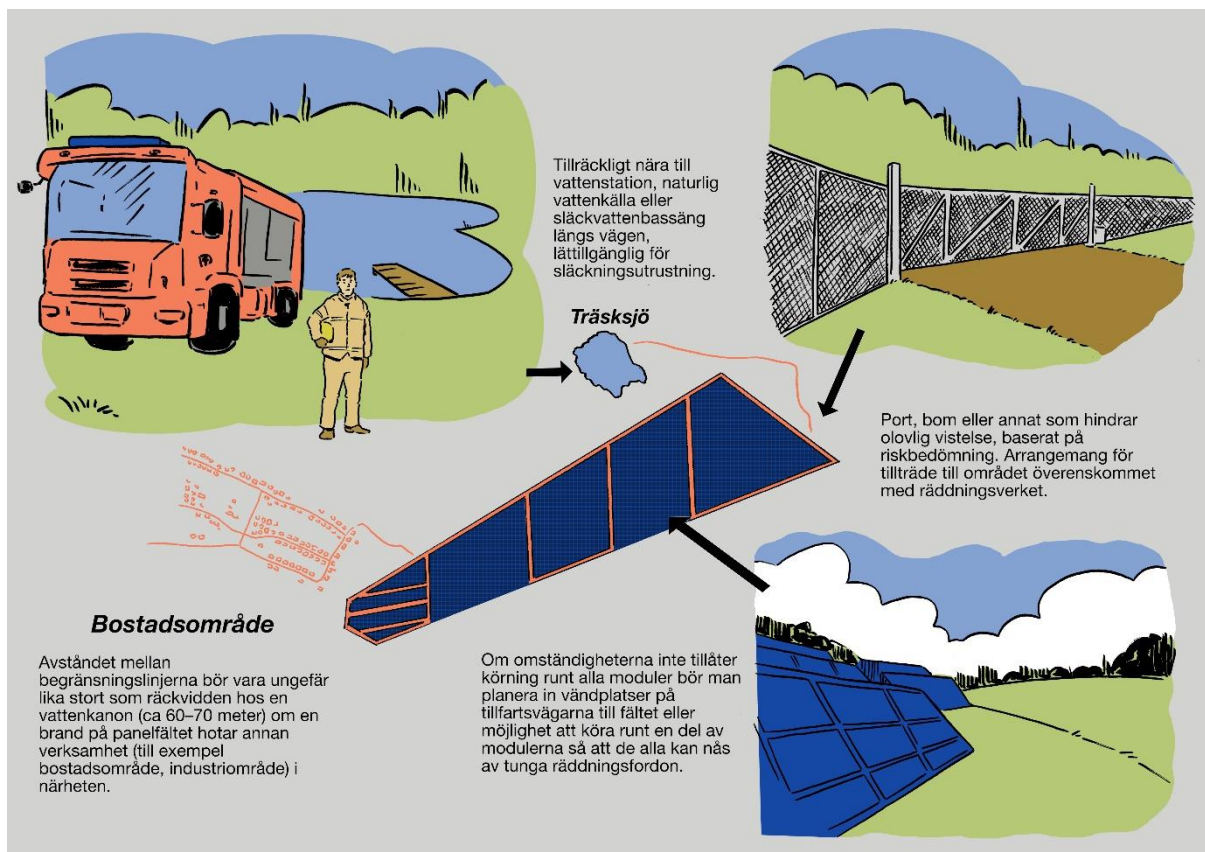
Man bör beakta miljövänligheten hos de rengöringsmedel som används för underhållsarbete på området. Se kapitel 5.7.

Kabelinstallationsvägar inom kraftverksområdet bör utformas på ett konsekvent sätt och vara identifierbara för att säkerställa säkerheten vid underhållsarbete på området.



En exempelbild på de rekommenderade säkerhetsarrangemangen för ett litet fristående solkraftverk nära ett bostads- eller industriområde. Bilden illustrerar de rekommendationer som nämns ovan i texten.

En exempelbild på de rekommenderade säkerhetsarrangemangen för ett solkraftverk i industriell skala. Bilden illustrerar de rekommendationer som nämns ovan i texten.



5.3.2 Placering på tak

Läs avsnitt 5.2 om allmänna aspekter att beakta vid placeringen av solpaneler.

Krav

När fotoelektriska solenergisystem installeras på tak bör man beakta kraven på taktäckning i 28 § i förordningen om byggnaders brandsäkerhet (MMf 927/2020).

Solpaneler som är integrerade i taktäckningen (BIPV) tolkas vanligen som byggnadsmaterial, och ska därför uppfylla de ovannämnda kraven.

Solpaneler får inte väsentligt öka risken för att en brand sprids i taktäckningen eller underlaget (MMf 848/2017 motiveringspromemoria, 28 §).

Enligt SFS 6000-7-712.420.101: Materialet bakom och under växelriktare och likströmsfrånskiljningskopp-lare måste vara obrännbart, till exempel fibercementskiva, om inte installationsunderlaget i sig är obrännbart. Om ett obrännbart material leder värme effektivt ska ett fritt ventilerat utrymme lämnas mellan materialet och ett installationsunderlag som är konstruerat av trä, för att motverka en högre antändningskänslighet i underlaget till följd av pyrolys som beror på att värme leds.

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

När ett solenergisystem installeras på ett tak bör taktäckningsmaterialet vara minst av klass Broof(t2).

Det kan bildas hålutrymmen mellan byggnadens tak och ett stort, sammanhängande panelfält som installeras på taket, och där kan en brand avancera oväntat snabbt i synnerhet om taket är ett sadeltak (skorstensverkan). På grund av de hålutrymmen som uppstår kan det också vara svårt att släcka en brand utan att röra panelerna. Det kan vara omöjligt att få in släckvatten i ett brinnande hålutrymme. Det kan vara livsfarligt för räddningspersonalen att hantera och riva solpaneler som utsatts för brand och skadats. När man planerar ett panelfält på ett tak är det skäl att ta dessa risker i beaktande och vid behov begränsa storleken på ett sammanhängande panelfält.

På stora panelfält bör man bilda begränsningslinjer för att möjliggöra släckningsarbetet. Det rekommenderas att begränsningslinjerna följer de underliggande brandcellerna. Den maximala rekommenderade storleken på ett sammanhängande panelfält på ett tak är 20 x 20 meter, och mellan fälten bör man lämna en gång som är minst 2 meter bred.

När man konstruerar solenergisystem som ska placeras på tak bör man ta hänsyn till eventuella indelningar av takytan som gjorts av brandsäkerhetsskäl, och systemen bör installeras enligt samma indelning (jfr 28 § i MMf). Ett solenergisystem bör inte försämra indelningen av takytan. Vertikala brandtätningar ska sträcka sig minst 0,5 meter ovanför solpanelen eller systemdelen. Om höjdrekommandationen inte uppfylls är det rekommenderade avståndet från brandtätningen minst 2,5 meter. Om taktäckningen är indelad i delar med horisontell brandtätning bör inga delar av solenergisystemet placeras på det området (jfr RIL 195-1-2018 bild 5.11).

Det rekommenderas att minst 2,5 meter fritt utrymme lämnas mellan en brandvägg och brännbara paneler samt andra fasta installationer. Det rekommenderas att övergångar över brandväggar utförs till exempel med brandsäker kapsling.

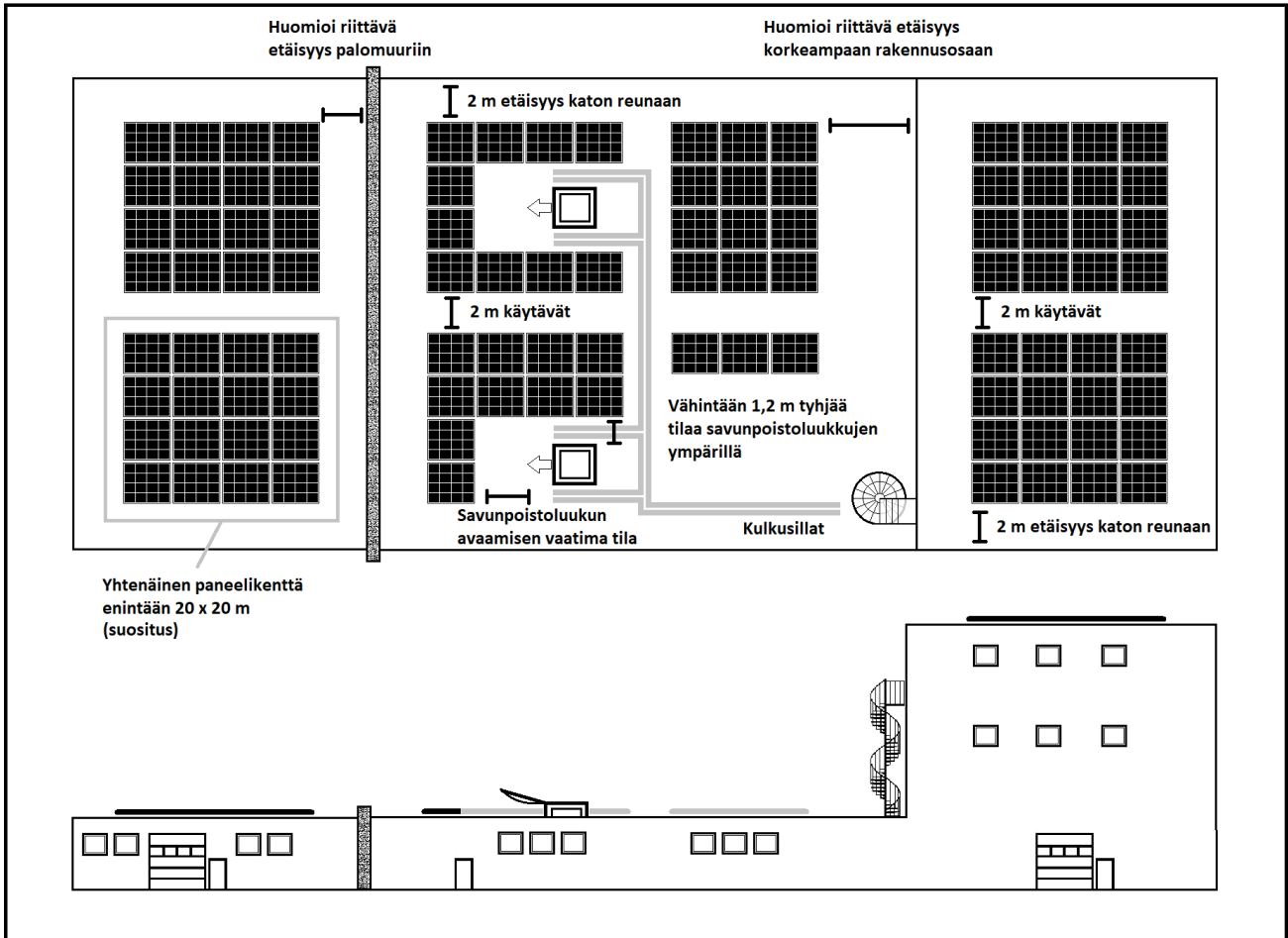
Om det finns olika plan i byggnaden (såsom ett takplan på en lägre del av byggnaden, där man installerar ett solenergisystem), rekommenderas det att man lämnar 4 meter tomt utrymme mellan väggen och de brännbara delarna av solenergisystemet på taket.

Minst 2 meters avstånd rekommenderas mellan solpanelerna och takkanten på grund av fallskyddet.

Det rekommenderas att de ovannämnda avstånden iakttas också för solpaneler som är integrerade i tak-täckningsmaterialet, om de innehåller brännbart material.

Om solpaneler placeras på ett platt tak där vatten kan ansamlas under släckningsarbetet och öka risken för elchocker rekommenderas det att man bygger gångbroar på taket av material som leder ström dåligt, för att förbättra säkerheten för räddningspersonalen. Det rekommenderas att gångbroarna monteras i gångar mellan solenergisystemets delar, och det bör vara möjligt att längs dem nå solenergisystemets brytare som finns på taket samt andra ställen som är kritiska för räddningsarbetet (utgångar, trappor, rökluckor, intagskopplingen i rörsystemet för släckvatten o.d.). Den rekommenderade minimibredden för gångbroarna är 900 mm och de bör vara minst 300 mm åtskilda från takytan.

Eventuella rökventilationssystem på taket ska också beaktas i placeringen av solpanelerna, se avsnitt 5.3.4.



Rekommenderade avstånd vid placering av solpaneler på tak.



Solpaneler bör inte installeras på trätak eller gröna tak, som vanligen inte uppfyller kraven för klass BROOF(t2). (Foto till vänster: Droomhuis och foto till höger: Pia Zanetti)

5.3.3 Placering på yttervägg

Läs avsnitt 5.2 om allmänna aspekter att beakta vid placeringen av solpaneler.

Krav

När fotoelektriska solenergisystem placeras på ytterväggar ska kraven på ytbeläggning enligt 25–26 § i förordningarna om byggnaders brandsäkerhet (MMf 927/2020 och MMf 848/2017) beaktas. Tabell 8 anger klasskraven för ytterväggars utsidor och ventilationsluftspalters ytor.

Solpaneler som är integrerade i väggytan (BIPV) tolkas vanligen som byggnadsmaterial, och ska därför uppfylla de ovannämnda kraven.

På ytterväggarna ska man också beakta kravet i 21 § i miljöministeriets ovannämnda förordning: "En brand får inte spridas från en brandcell till en annan via en yttervägg eller balkong inom en viss tid." Se relaterade rekommendationer nedan.

Enligt SFS 6000-7-712.420.101 måste materialet bakom och under växelriktare och likströmsfrånskiljningskopplare vara obrännbart, till exempel fibercementskiva, om inte installationsunderlaget i sig är obrännbart.

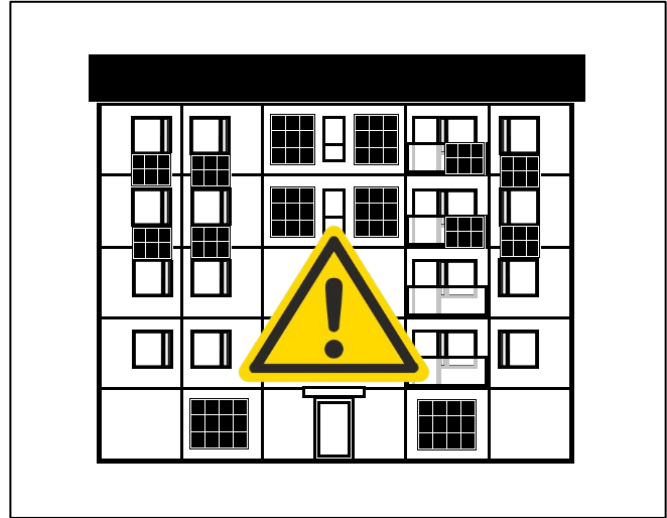
Om ett obrännbart material leder värme effektivt ska ett fritt ventilerat utrymme lämnas mellan materialet och ett installationsunderlag som är konstruerat av trä, för att motverka en högre antändningskänslighet i underlaget till följd av pyrolys som beror på att värme leds.

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

För att säkerställa personsäkerheten och arbetarskyddet under räddningsarbetet bör man begränsa risken för att stora delar av paneler på en yttervägg faller vid en eventuell brand.

Det kan bildas hålutrymmen mellan byggnadens yttervägg och ett stort, sammanhängande panelfält som installerats på taket, och där kan en brand avancera oväntat snabbt i synnerhet vertikalt (skorstensverkan). Det också vara svårt att släcka en brand i ett sådant hålutrymme utan att röra panelerna. Det kan vara omöjligt att få in släckvatten i ett brinnande hålutrymme. Det kan vara livsfarligt för räddningspersonalen att hantera och riva solpaneler som utsatts för brand och skadats. När man planerar ett panelfält på en yttervägg är det skäl att ta dessa risker i beaktande och vid behov begränsa storleken på ett sammanhängande panelfält.

Det rekommenderas att ytterväggen under solpanelerna är tillverkad av obrännbart material och uppfyller kravet på brandcellsindelning för byggnadens brandklass. I sådana fall kan också ett panelfält av brännbart material vara större.



Till vänster: exempel på en obrännbar yttervägg som uppfyller kravet på brandcellsindelning under en panelgrupp. (Foto: Kiinteistölehti, 2016)

Till höger: solpaneler som installeras på fasaden bör inte monteras i närheten av fönster eller balkonger som är reservutgångar, eftersom de kan äventyra användningen av reservutgångarna. Solpanelerna får inte heller bidra till att en brand sprids från fasaden till vinden.

Panelfält på en byggnads yttervägg bör delas in i tillräckligt små delar om panelerna eller ytterväggen är tillverkade av brännbart material. Den maximala storleken för en grupp av paneler bör bestämmas enligt byggnadens särdrag i fråga om brandbegränsning. Den rekommenderade maximala storleken kan till exempel vara 3 m vertikalt och 20 m horisontellt.

Man bör också ta i beaktande att de vertikala och horisontella avstånden mellan panelgrupperna ska vara tillräckliga för att förebygga skorstenseffekten och för att en brand ska kunna begränsas. När man planerar hur panelerna ska placeras bör man beakta att avstånden också till utgångar och reservutgångar ska vara tillräckliga (se även avsnitt 5.3).

När ett fält av solpaneler installeras på en yttervägg bör man också beakta byggnadens brandcellsindelning. Panelerna får inte bidra till att en brand sprids från en brandcell till en annan via ytterväggen. Paneler av brännbart material kan påverka att branden sprids längs ytterväggen. På en yttervägg som är tillverkad av ett brännbart material kan det även under obrännbara paneler uppstå ett hålutrymme som påverkar brandspridningen.

Brandceller och brandväggar som gränsar mot ytterväggen bör beaktas i planeringen i enlighet med 21 § i miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet (848/2017). Det rekommenderas att följande aspekter tas i beaktande:

- inga solkraftverksdelar bör placeras vid gränsen mellan två brandceller som gränsar mot ytterväggen om panelerna eller ytterväggen är tillverkade av brännbart material
- avståndet mellan solkraftverkets delar på ytterväggen vid en brandcellsgräns eller en brandvägg bör vara minst 1 m, om kravet på sektioneringsförmågan är EI 60 eller mer
- på ytterväggen ska solkraftverkets delar inte placeras så att de bidrar till att branden sprids till högre belägna brandceller via dörrar, fönster och andra öppningar (jfr 1-metersregeln i motiveeringspromemorian)

- om delar av ett solkraftverk placeras i ett inre hörn med en brandcellsgräns där vinkeln mellan väggarna är under 135° bör solkraftverkets delar inte placeras så att de bidrar till att branden sprids till den intilliggande brandcellen via dörrar och fönster.

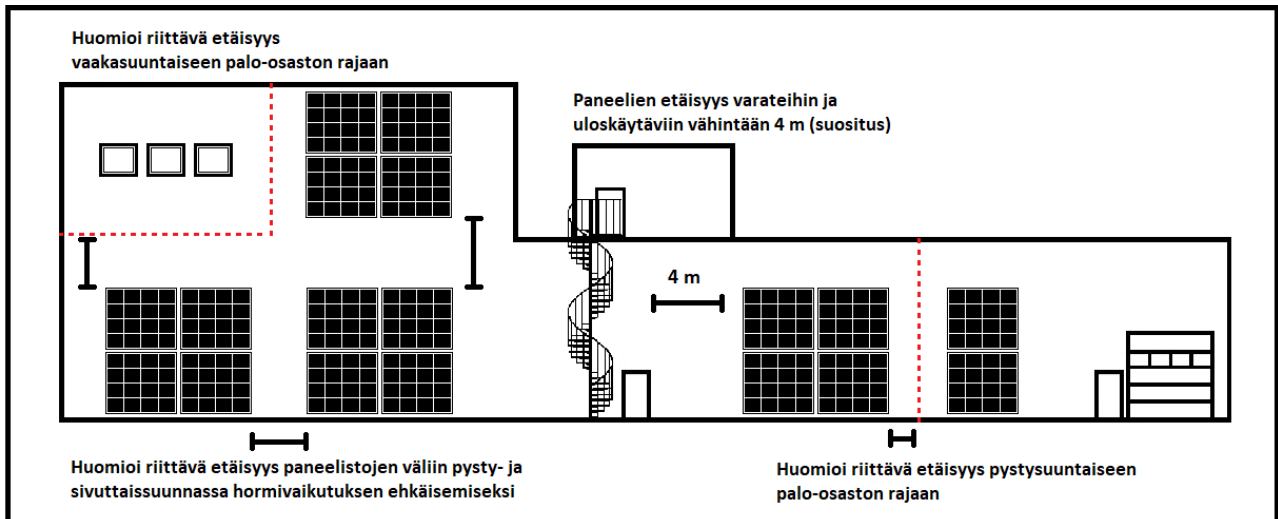


Illustration: Exempel på hur brandsäkerheten beaktas när panelfält installeras på en yttervägg.

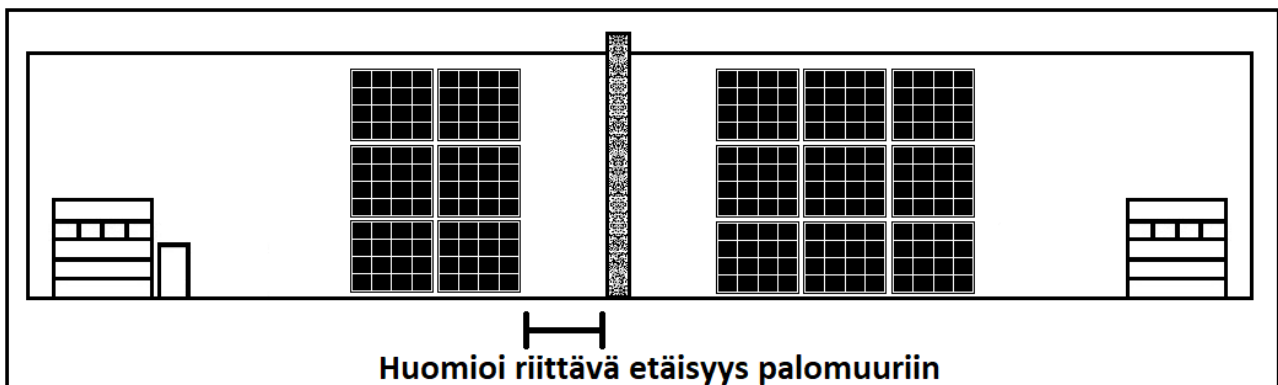


Illustration: Avståndet mellan solpaneler på en fasad bör beaktas om kravet på sektioneringsförmågan för en sektionerande vägg eller brandvägg är EI 90 eller högre.

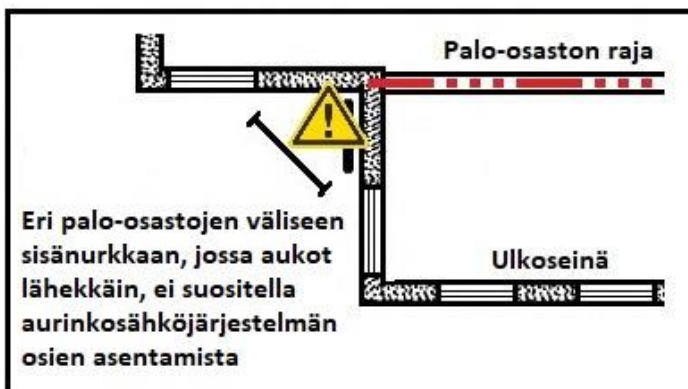
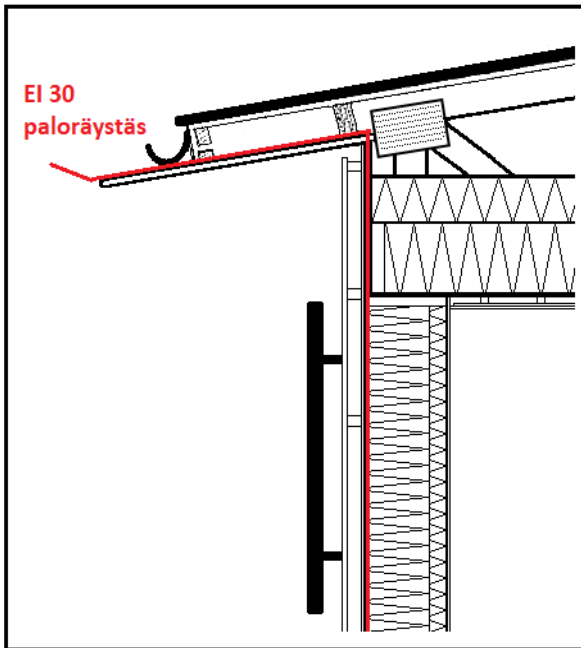


Illustration: Delar av ett solkraftverk bör inte placeras i ett inre hörn på en yttervägg på ett sätt som bidrar till att branden sprids till den intilliggande brandcellen via dörrar och fönster.

En brand som sprids längs en yttervägg får inte ta sig från fasaden in under takfoten, till vinden och till takkonstruktionerna om vinden är en egen brandcell. Om solpaneler av brännbart material är placerade nära takfoten eller vinden bör man beakta bestämmelserna om ytterväggars utsidor i miljöministeriets förordning (MMf 927/2020 26 §). Då rekommenderas det att spridning av brand från fasaden till vind och hålutrymmen i vindsbjälklag ska begränsas så att det motsvarar en byggnadsdel av klass EI 30 (MMf 927/2020 tabell 8 fotnot 4).



Till vänster: Solpanel på yttervägg av brännbart material. Illustration av den rekommenderade principen om en takfot som stoppar bränder.

Till höger: Fasadskador som orsakats av en brand i solenergisystemets komponenter. (Foto: Päijänne-Tavastlands räddningsverk)

5.3.4 Annan teknik som påverkar brandsäkerheten

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

Rökventilation

Runt rökluckor och andra öppningar rekommenderas ett fritt utrymme på minst 1,2 meter (motsvarar kraven i standarden NFPA 1) och ett fritt utrymme i öppningsriktningen som gör det möjligt att öppna luckan. Runt gamla rökluckor som öppnas manuellt från taket ska det fria utrymmet i alla riktningar vara minst 2 meter, och i öppningsriktningen ska det fria utrymmet vara tillräckligt stort för att luckan ska kunna öppnas. Luckorna ska vara lättillgängliga, lättanvända och kunna underhållas med hjälp av gångar (se avsnitt 5.2.2 *Placering på tak*).

Ventilation

I stora byggnader ska man inte installera delar av solenergisystem i närheten av luftinloppskanaler eller under dem. Om detta inte är möjligt bör friskluftskanalen om möjligt utrustas med brandbegränsare som reagerar på rök, för att ventilationsanläggningen inte ska sprida rök från branden till hela byggnaden (se avsnitt 3.2 *Ta ventilationen i beaktande*).

5.4 Batterier och batterirum

Krav

Enligt standarden SFS 6000 ska batterier placeras i ett tillräckligt skyddat utrymme, till exempel i separata batterirum, skåp eller kapslar eller i elutrymmen i åtskilda områden för batterier. Lokalerna ska ha tillräcklig ventilation. I placeringen ska man observera externa faror (brand, vandalism, mekanisk skada o.d.) och faror från batteriet i sig (spänning, korrosion o.d.). Batterirummen ska markeras med en skylt som varnar för farlig spänning och en skylt som förbjuder öppen eld och rökning (SFS 6000 570.6.3, Bilaga 57C).

Med tanke på elsäkerheten ska man i fråga om batterier beakta att polerna alltid kan vara spänningssatta. Detta bör beaktas i alla åtgärder som rör batterier (SFS 6000 570.6.1.1).

Tillverkarens anvisningar bör följas vid lagring av batterier. Uppgifter om lagringskraven bör begäras av leverantören redan i projekteringsfasen.

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

Det rekommenderas att batterirummet placeras åtskilt från byggnaden på ett lättåtkomlig plats och på minst 8 meters avstånd.

Eftersom batterier är svåra att släcka och bildar mycket giftig rök bör man i fall av brand fästa särskild uppmärksamhet vid att säkerställa utrymningen, möjliggöra räddningsarbetet och se till att räddningspersonalen kan arbeta tryggt. Därför bör man inte heller utomhus placera batterirum nära

- ingångar till byggnader
- utgångar, reservutgångar och utrymningsvägar
- huvudpassager, körvägar och portar.

På grund av den mycket giftiga röken bör det ordnas två alternativa ankomstriktningar till batterilokalernas närhet för räddningsverket med körförbindelser som uppfyller dimensioneringen för räddningsvägar (släckningsbil), så att räddningsverket kan närma sig från vindsidan. Batterirummen bör vara åtkomliga utifrån på grund av den giftiga röken och släckningssvårigheterna.

Om ett batterirum är beläget närmare en byggnad än 8 meter eller som en del av en byggnad rekommenderas det att rummet indelas i brandceller åtminstone enligt sektioneringskravet för byggnadens brandklass. Batterirum i byggnader ska placeras vid en yttervägg så att tillträde kan ordnas direkt utifrån.

I småhus rekommenderas det att batterierna placeras i lokaler som inte är bostäder eller angränsar till bostäder. En ändamålsenlig placering kan till exempel vara ett tekniskt utrymme som är indelat i brandceller och har ventilation som är åtskild från bostadens. Utrymmet bör organiseras så att ingen brandbelastning ansamlas i närheten av batterierna. Det är ändamålsenligt att arrangera tillträde till utrymmet direkt utifrån utan passage genom bostaden, särskilt om det finns litiumjonbatterier i utrymmet. Det rekommenderas att en brandvarnare placeras i utrymmet.

Det rekommenderas att man vid alla enheter sätter upp en separat skylt vid elcentralen som informerar användaren om det batteri som är kopplat till den elektriska utrustningen, till exempel "BATTERI I ANLÄGGNINGEN".

Förutsättningarna för räddningsverksamhet och rökventilation bör beaktas i planeringen av batterirum. Vid batteribränder kan det snabbt bildas höga koncentrationer av obrännbara och lättantändliga gaser. Rökventilationen i ett fristående eller brandtekniskt sektionerat batterirum ska konstrueras och dimensioneras så att den är tillräcklig. Räddningspersonalen ska kunna använda rökventilationsarrangemangen tryggt utan att behöva gå in i batterirummet.

5.5 Släckvattentillgång

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

När man planerar stora solkraftverk bör man ta i beaktande att det behöver finnas tillräcklig tillgång till släckvatten. I system som är placerade i byggnader bör det finnas tillgång till släckvatten på minst 40 meters avstånd från den mest avlägsna punkten av kraftverksfältet. Det rekommenderas att särskilda rörsystem för släckvatten installeras vid behov.

När man planerar ett system på hög höjd bör man också beakta det lokala räddningsverkets planeringsanvisningar för fasta rörsystem för släckvatten (så kallade stigarledningar).

Om släckningsarrangemang för fristående kraftverksfält som inte hör till byggnader, se avsnitt 5.3.1.

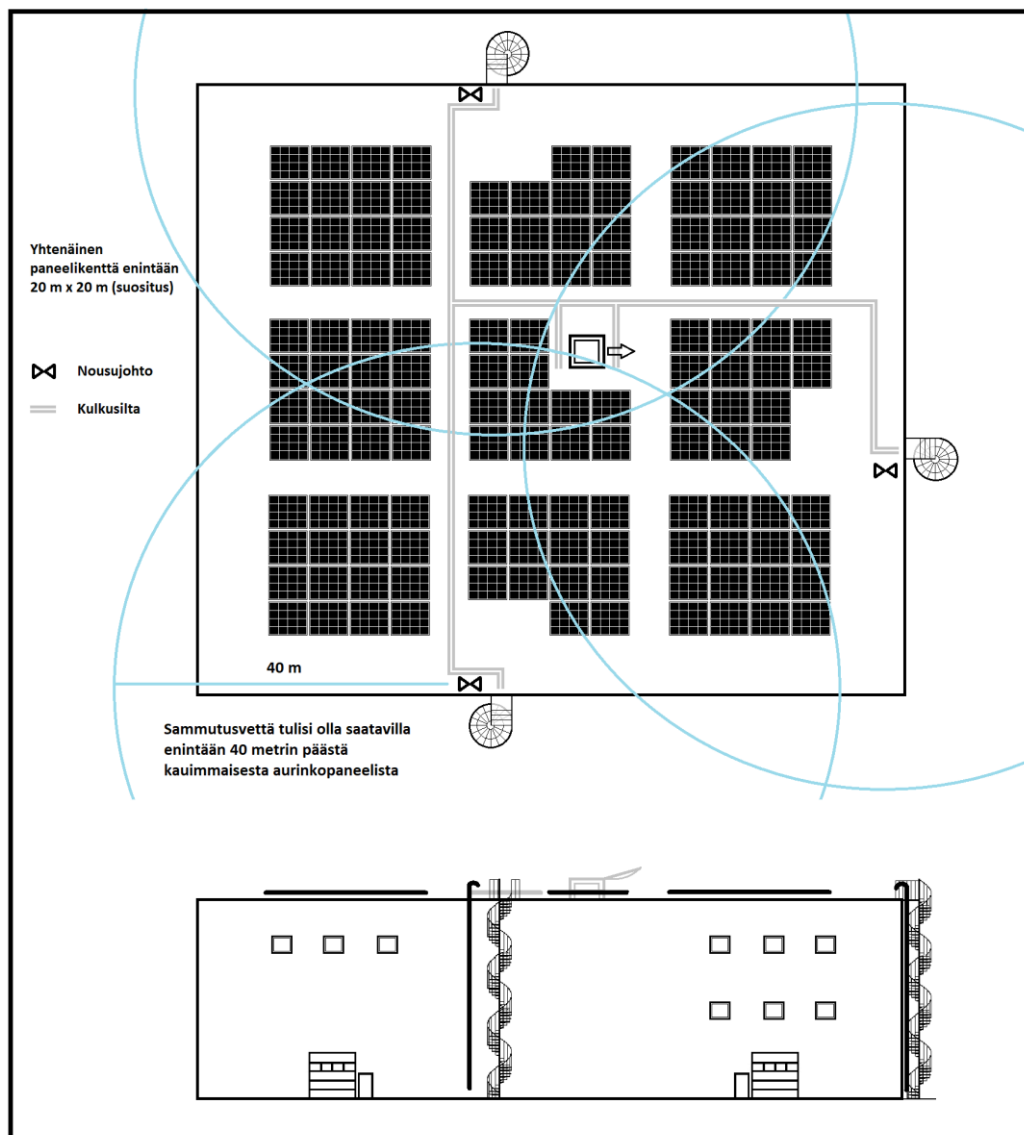


Illustration. Rekommendationer att beakta om släckvattenarrangemang för stora solenergisystem som placeras i byggnader.

5.6 Objektskort och objektsinformation för räddningsverket

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

För fotoelektriska solenergisystem som är större än mikroproduktionsanläggningar (= effekt högst 50 kVA) bör man göra upp ett objektskort till stöd för räddningsverket, fastighets servicen och fastighetens användare. Av kortet ska framgå grundläggande information om systemet och anvisningar om hur man gör systemet strömlöst samt var säkerhetsbrytarna är placerade (se avsnitt 5.2). Om det av någon anledning inte går att göra hela systemet strömlöst ska detta anges på objektskortet och panelernas frånskiljningskopplare.

Objektskortet skickas till räddningsverket och placeras i brandlarmcentralens omedelbara närhet eller i elhuvudcentralen om byggnaden saknar brandlarmanläggning.

5.7 Underhåll och service av fastigheten

Krav

Markanvändnings- och bygglagen 132/1999 och räddningslagen 379/2011 ålägger fastighetens ägare, innehavare och verksamhetsutövare att hålla byggnaden och dess omgivning i säkert bruksskick:

MBL 166 §: Underhåll av byggnader

En byggnad och dess omgivning ska hållas i sådant skick att den hela tiden uppfyller de sanitära kraven, kraven på säkerhet och användbarhet och inte medför miljölägenheter eller förfular omgivningen.

RL 9 §: Byggnaders brand- och utrymnings säkerhet

Ägaren och innehavaren av en byggnad samt en verksamhetsidkare ska för egen del se till att byggnaden eller konstruktionen och dess omgivning hålls i sådant skick att

- 1) risken för att en eldsvåda uppstår, avsiktligt anläggs och sprider sig är liten,
- 2) personer som befinner sig i byggnaden vid en eldsvåda eller någon annan plötslig fara kan lämna byggnaden eller räddas på något annat sätt,
- 3) räddningsverksamhet är möjlig när en eldsvåda eller någon annan olycka inträffar,
- 4) räddningspersonalens säkerhet har beaktats.

Om en fastighet är skyldig att göra upp en räddningsplan enligt 15 § i räddningslagen, bör det solkraftssystem som är installerat i byggnaden beaktas i tillräckligt hög grad i planen.

Innehavaren av en elanläggning ska också se till att anläggningens skick och säkerhet övervakas och att de brister och fel som upptäckts avhjälpas tillräckligt snabbt. Även solenergisystemets skick ska övervakas regelbundet. Om en panel går sönder kan vatten som tränger in i panelen orsaka oxidering och kortslutning. Om någon av systemets delar utsätts för en extern skada ska den skadade delen repareras eller bytas ut på grund av risken för elchocker och brandrisken. Om systemet skadas ska det repareras omedelbart av en yrkeskunnig elentreprenör enligt tillverkarens anvisningar (Säkerhets- och kemikalieverket 2021).

För att säkerställa elsäkerheten föreskrivs det i lag att elanläggningar ska genomgå periodisk besiktning enligt vilken elanläggningssklass de tillhör. Skyldigheten att utföra periodiska besiktningsintervaller gäller alla byggnader som inte är bostadsobjekt om överströmsskyddets märkström är över 35 A. Besiktningsintervallet är fem år för eldistributionsnät och tio år för andra system som omfattas av besiktningskyldigheten (Elsäkerhetslagen 1135/2016, 44 §, 47–50 §).

Även standarden SFS-EN IEC 62446-2 tar upp underhållet av solenergisystem.

Räddningsbranschens syn på aspekter som bör beaktas för att möjliggöra räddningsarbetet, ta hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i arbetet och uppnå hög brandsäkerhet:

Underhållet av ett solenergisystem bör tas i beaktande i byggnadens bruks- och underhållsanvisning och utföras enligt tillverkarens anvisningar regelbundet som en del av upprätthållandet av fastighetens säkerhet.

Eventuell vegetation under fristående panelfält bör hållas så sparsam och kort som möjligt så att den inte ökar brandspridningsrisken. En eventuell brand sprids snabbare i torrt gräs och torra snår, och dessutom kan en terrängbrand som börjar utanför området hota solenergisystemet via undervegetationen.

Källor

Skriftliga källor

Aamulehti. 2020. Webbplats. [Hänvisning 22.3.2021]

Tillgänglig på: <https://www.aamulehti.fi/pirkanmaa/art-2000007318370.html>

Faudzi, F. 2019. *Flame Propagation Between Flat Roofing and Photovoltaic Installations*. The University of Edinburgh. Examensarbete. [Hänvisning 2.3.2021]

Tillgänglig på:

<https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/2019-UG-UoE-Flame-Propagation-Between-Flat-Roofing-and-Photovoltaic-Installations.pdf>

Feuerwehr-Magazin. 2019. Webbplats. [Hänvisning 25.3.2021]

Tillgänglig på: <https://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/pflegeheim-brennt-21-menschen-verletzt-90668>

FlexSol Solutions. 2021. Webbplats. [Hänvisning 22.3.2021]

Tillgänglig på: <https://flexsolutions.com/solar-roof-tile/>

Gemeente Tytsjerksteradiel. 2021. *Update brand Noardburgum*. [Hänvisning 3.12.2021]

Tillgänglig på: <https://www.t-diel.nl/update-brand-noardburgum>

Helen Ab. *Aurinkovoimaloiden turvallisuusohjeistus*. Webbpublikation. [Hänvisning 18.3.2021]

Tillgänglig på: https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/yritykset/20210113_aurinkovoimaloiden-turvallisuusohje2.pdf

IEC/TR 63226:2021:fi. *Rakennuksiin asennettujen aurinkosähköjärjestelmien paloriskien hallinta*. Sesko rf. 2021.

Interesting Engineering. 2016. Webbplats. [Hänvisning 22.3.2021]

Tillgänglig på: <https://interestingengineering.com/skyscraper-covered-solar-panels-europes-largest>

Karjalainen. 2016. Webbplats. [Hänvisning 22.3.2021]

Tillgänglig på: <https://www.karjalainen.fi/uutiset/uutis-alueet/kotimaa/item/109396>

Läderberg, V. 2017. *Aurinkosähköjärjestelmien riskit pelastustoimelle*. Yrkeshögskolan Savonia. Examensarbete. [Hänvisning 1.3.2021]

Tillgänglig på: <https://www.theseus.fi/handle/10024/124696>

L2 Paloturvallisuus Oy. 2019. *Ohje aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuudesta*.

Markanvändnings- och bygglag 132/1999

Milke, J. & Royle, S. & Steranka, K. & Wills, R. The Fire Protection Research Foundation. 2014. *Commercial Roof-Mounted Photovoltaic System Installation Best Practices Review and All Hazard Assessment*. [Hänvisning 25.3.2021]

Tillgänglig på:

<https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFCommercialRoofMountedPhotovoltaicSystemInstallation.ashx>

Motiva. 2021. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. Webbplats. [Hänvisning 1.3.2021]

Tillgänglig på: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma

Omrop Fryslân. 2021. *Niets meer over van houthandel na grote brand in Noardburgum*. [Hänvisning 3.12.2021]

Tillgänglig på: <https://www.omropfryslan.nl/nieuws/1059723-niets-meer-over-van-houthandel-na-grote-brand-noardburgum>

Räddningsväsendets system PRONTO. 2021. Statistiksökning om bränder i solcellsanläggningar 21.12.2021. Statistik 2017–2021. (Heidi Liukkonen Räddningsinstitutet)

Prume, K. & Viehweg, J. 2018. *Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization*. [Hänvisning 2.3.2021]

Tillgänglig på: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/10/f56/PV%20Fire%20Safety%20Fire%20Guideline_Translation_V04%2020180614_FINAL.pdf

PV-Magazine. 2021. *Major fire at solar-powered warehouse in the Netherlands raises concerns among nearby residents*. [Hänvisning 3.12.2021]

Tillgänglig på: <https://www.pv-magazine.com/2021/05/26/major-fire-at-solar-powered-warehouse-in-the-netherlands-raises-concerns-among-nearby-residents/>

PV-Magazine. 2019. *Japan's largest floating PV plant catches fire after Typhoon Faxai impact*. [Hänvisning 3.12.2021]

Tillgänglig på: <https://www.pv-magazine.com/2019/09/09/japans-largest-floating-pv-plant-catches-fire-after-typhoon-faxai-impact/>

Rasinkoski, A. 2020. *Aurinkosähköjärjestelmien paloriskit ja sammutusturvallisuus. Kirjallisuusselvitys ja näkemys Suomen tilanteeseen 2019*. Webbpublikation. [Hänvisning 1.3.2021]

Tillgänglig på: https://www.motiva.fi/files/17365/Aurinkosahkojarjestelmien_paloriskit_ja_sammutusturvallisuus.pdf

Reax Engineering. 2021. Webbplats. [Hänvisning 25.3.2021]

Tillgänglig på: <https://reaxengineering.com/warehouse-solar-panel-fire/>

Solarguide. 2021. Webbplats. [Hänvisning 23.3.2021]

Tillgänglig på: <https://www.solarguide.co.uk/integrated-solar-panels#/>

Stemann Kristensen, J. & Merci, B. & Jomaas, G. 2017. *Fire-induced re-radiation underneath photovoltaic arrays on flat roofs*. Technical University of Denmark. [Hänvisning 2.3.2021]

Tillgänglig på: https://orbit.dtu.dk/files/139971048/FAM_Kristensen_Merci_Jomaas_accepted_by_FAM.pdf

Suosalo, J. 2020. *Pelastuslaitoksen varautuminen sähköautopaloihin maanalaisissa pysäköintilaitoksissa*. Hämeen ammattikorkeakoulu. Examensarbete. [Hänvisning 1.3.2021]

Tillgänglig på: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/344835/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6%20-%20Joonatan%20Suosalo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Säkerhets- och kemikalieverket. 2021. *Fotoelektriska solenergisystem*. [Hänvisning 3.12.2021]

Tillgänglig på: <https://tukes.fi/sv/elektricitet/elarbeten-och-elentreprenader/solenergisystem>

Waldnet. 2021. *Noordburgum: brandweerauto's bijna geveld door hitte*. [Hänvisning 3.12.2021]

Tillgänglig på: https://www.waldnet.nl/wn/nieuws/67697/Noordburgum:_brandweerautos_bijna_geveld_door_hitte.html

Yle. 2021. Webbplats. [Hänvisning 23.3.2021]

Tillgänglig på: <https://yle.fi/uutiset/3-10406640>

Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 848/2017

Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 848/2017 motiveringspromemoria

Miljöministeriets förordning om ändring av miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 927/2020

Miljöministeriets förordning om ändring av miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 927/2020 motiveringspromemoria

Pienjännitesähköasennukset SFS 6000-7-712:2022 Aurinkosähköjärjestelmät

Pienjännitesähköasennukset SFS 6000-5-55:2022 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen; 551 Pienjännitteiset generaattorilaitteistot