

Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande små- och storskalig energilagring av el

Dnr:16EV600

ELSÄKERHETSVERKET

Förord

Energilagring med olika tekniker har använts under många år. Under de senaste åren är det tydligt att intresset för både småskalig och storskalig energilagring växer efter hand som energislag med begränsade reglermöjligheter ökar i energisystemen. Utvecklingen av el- och hybridfordon har samtidigt ökat behovet av kostnadseffektiva och lättare batterier. Det finns stora förväntningar på att teknikutvecklingen kommer att fortsätta framöver.

Många energilager som nu skapas kan innehålla mycket större energimängder än de bilbatterier och ficklampsbatterier som vi är vana att hantera. Ny teknik och nya användningsområden kan innebära säkerhets- och störningsrisker av olika slag. För att uppmärksamma och förebygga framtida problem har därför regeringen uppdragit åt Elsäkerhetsverket att se över regelverket och informationsbehovet om kraven på elsäkerhet vid energilagring av el. I uppdraget ingår också att analysera om dagens regelverk är tillräckligt bra.

Elsäkerhetsverkets rapport ger en bred belysning av hur större och mindre energilagringssystem fungerar och vad som är viktigt att uppmärksamma för att undvika risker av olika slag. Vi hoppas att rapporten kommer att läsas av många som är intresserade av eller ska arbeta med energilagring, till exempel elinstallatörer och andra energiintresserade. Rapporten är också en utgångspunkt för kommande arbete och informationsinsatser, och det lämnas en del förslag till detta.

Projektledare hos Elsäkerhetsverket har varit Mikael Carlson. Många andra medarbetare har på olika sätt bidragit i arbetet.

Kristinehamn september 2016

Elisabet Falemo

Generaldirektör

Sammanfattning

Elsäkerhetsverket har på regeringens uppdrag genomfört en kartläggning av vilka regelverk och standarder som idag gäller för energilager i form av batterilager. Syftet är att undersöka om de med dagens utveckling kan ses som tillräckliga för att säkerställa säkra och störningsfria elinstallationer. I litteraturen kring batterilager utpekas främst elchock och elbrand som elsäkerhetsrisker men även störningsrisk från kraftelektronik.

Elsäkerhetsverkets utredning har bedömt att dagens regelverk är tillräckliga för att installationerna ska bli elsäkra och uppfylla kraven på EMC¹, förutom gällande varselmärkning av anläggning som är utpekad som en brist i föreskrifter. Vi kan också konstatera att utveckling sker inom standardiseringen, vilket är nödvändigt för att skapa säkra produkter och anläggningar. Utvecklingen av nya standarder inom området ger en säker teknisk utveckling. Det finns litteratur inom området som beskriver hur generella standarder och standarder gällande andra batterikemier kan användas i väntan på att produktspecifika standarder finns tillgängliga².

Förnyelsebar energi som solenergi och vindkraft är på frammarsch men energiproduktionen beror på lokala väderförhållanden och tid på dygnet/året. Stabiliteten i ett elnät är beroende av förutsägbarhet, vilket denna typ av förnyelsebar energi till stor del saknar. Därmed är leveransen från dessa energikällor svår att planera.

Energilager kan ge en stabilare leverans från förnyelsebar energi och på så sätt förbättra förutsägbarheten av tillförseln från förnyelsebar energi. Energilagren kan bidra till att uppfylla elnätsföretagens krav (Grid Codes³) på effektförändringstakt (ramp rate) och stötta upp lokala nät där effektuttaget är högt. Behovet av att hålla frekvensen i nätet kan till viss del mötas upp men där krävs enorma energilager som idag anses vara orealistiska⁴.

Utvecklingstakten för stationära batterisystem är hög och i vissa avseenden ligger standardiseringen efter. En ny teknisk standardiseringskommitté har bildats (TK 120) för att snabbt få fram relevanta standarder som idag inte passar in hos någon av de befintliga kommittéerna. Som aktör bör man göra sig införstådd om förändringstakten och därmed hålla sig uppdaterad på regler, gällande standarder och kommande standarder för området.

¹ EMC står för elektromagnetisk kompatibilitet och är motsatsen till elektromagnetisk störning EMI.

² Se bland annat *DNVGL Recommended Practice-Safety operation and performance of grid-connected energy storage systems*, (2015) och *Safety Guidelines – Li-ion Home Battery Storage Systems* (2014)

³ Nytt regelverk för nätanslutning, utarbetas på EU-nivå av ENTSO-E som är stamnätsoperatörernas europaröst och ACER som är energireglerarnas motsvarighet (Svenska kraftnät respektive Energimarknadsinspektionen för Sverige).

⁴ Svenska kraftnät. *Perspektivplan 2025 – en utvecklingsplan för det Svenska stamnätet*, (april 2013).

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Uppdragets omfattning	5
1.2	Avgränsningar	5
1.3	Begrepp och förkortningar	6
1.4	Bakgrund	9
2	Energilagring	11
2.1	Omvärldsanalys, energilagringmetoder	11
2.2	Definition av små- och storskalig anläggning	17
2.3	Småskaligt energilager	18
2.3.1	Solcellspanel	19
2.3.2	Batterisystem	20
2.3.3	Värme och ventilation	22
2.3.4	DC-brytare	22
2.3.5	Växelriktare	22
2.3.6	AC-brytare	23
2.3.7	Elmätare	23
2.3.8	Elinstallation	23
2.4	Storskaligt energilager	24
2.4.1	Vindkraftverk (vindkraftpark)	25
2.4.2	Batterisystem	26
2.4.3	DC-brytare	27
2.4.4	Likriktare	27
2.4.5	Växelriktare	27
2.4.6	AC-brytare	28
2.4.7	Mätning	28
2.4.8	Elinstallation	28
3	Nätanslutningen	29
3.1	Ellagens krav på nätanslutning av energilager	29
3.2	Avtal med elnätsföretaget	30
3.3	Anslutning till elnätet	30
4	Gällande regelverk	33
4.1	Krav på den som utför elinstallationsarbete	33
4.2	Regelverk gällande elektrisk materiel	34
4.3	Elektromagnetisk kompatibilitet	36
4.4	Starkströmsanläggningens utförande	38
4.5	Skötsel och arbete	39
4.6	Översikt över regelverket	40
4.7	Kort om andra regelverk	42
5	Standardiseringen	44
5.1	Standarder för tillverkning, provning, utförande och skötsel	45
5.1.1	Harmoniserade standarder	45
5.1.2	TK 8	46

5.1.3	TK 21/21A	46
5.1.4	TK 22	48
5.1.5	TK 35	48
5.1.6	TK 57	49
5.1.7	TK 64	49
5.1.8	TK 65	49
5.1.9	TK 78	50
5.1.10	TK 82	50
5.1.11	TK 99	51
5.1.12	TK 109	51
5.1.13	TK 120	51
5.1.14	TK EMC.....	52
6	Analys och slutsatser av risker	54
6.1	Batterikemi	54
6.2	Batterilageranläggningar	55
6.3	Växelriktare.....	56
7	Analys av regelverk och standarder	57
7.1	Regelverket.....	57
7.2	Standardiseringen	57
	Bilaga 1: Översättningstabell regelverk	60
	Bilaga 2: Fördjupning inom EMC	63
	Bilaga 3: Praktiska installationsråd	67
	Bilaga 4: Angränsande områden	68

1 Inledning

1.1 Uppdragets omfattning

I Elsäkerhetsverkets regleringsbrev för 2016 fick myndigheten ett uppdrag kring energilagring av el.

”Regeringen konstaterar att det för närvarande pågår en snabb utveckling inom området småskalig energiproduktion. Då denna produktion i många fall varierar över tiden på annat sätt än användningen är ellagring ett område som behöver belysas.

Elsäkerhetsverket ska därför utreda informationsbehovet om och innebörden av kraven på elsäkerhet vid installation och drift av anläggningar för små- och storskalig energilagring av el, samt vilka standarder som gäller för dessa. Exempel på en sådan anläggning är batterilager i anslutning till en produktionsanläggning eller till elnätet. Utredningen ska också omfatta en analys av om existerande regelverk tillsammans med dagens standarder och pågående standardiseringsarbete är tillfyllest elsäkerhetsmässigt.

Vid genomförandet av uppdraget ska Elsäkerhetsverket på lämpligt sätt tillvarata de kunskaper och den erfarenhet som finns hos Statens energimyndighet och Energimarknadsinspektionen.”

1.2 Avgränsningar

Standarder

Rapportens syfte är inte att tillhandahålla en komplett förteckning av alla tillämpliga standarder inom området, rapporten tar dock upp säkerhetsrelaterade standarder som funnits tillämpliga eller intressanta för området vid rapportens upprättande.

Icke elrelaterade risker

Det finns andra aspekter av säkerhet för ett batterilager - exempelvis jordbävning, översvämning eller icke elrelaterad brand - men det bedöms ligga utanför det elsäkerhetstekniska området och behandlas därför inte i denna rapport.

Icke stationära batterilager

Elbilar skulle kunna användas som batterilager för inmatning till elnätet, men det ligger utanför Elsäkerhetsverkets tillsynsområde och behandlas därför inte i denna rapport.⁵

⁵ Se Elsäkerhetsverkets rapport: Informationsbehov rörande elsäkerhet kring laddstruktur för elbilar, Dnr 14EV728.

1.3 Begrepp och förkortningar

AC	Växelström (Alternating Current).
Apparat	Färdig anordning, eller en kombination av sådana anordningar, som finns kommersiellt tillgänglig som en funktionell enhet och är avsedd för slutanvändaren och som kan alstra elektromagnetiska störningar, eller vars funktion kan påverkas av sådana störningar. ⁶
Batterilager	Energilager där elektrisk energi lagras elektrokemiskt och inkluderar kontroll- och skyddssystem.
BMS	Battery Monitoring System. Elektroniksystem för diagnos och styrning av individuella celler och kompletta batterisystem.
CE-märkning	Märkning genom vilken tillverkaren visar att den elektriska utrustningen överensstämmer med de tillämpliga kraven i harmoniserad unionslagstiftning som föreskriver CE-märkning.
Cykling	Upp- och urladdning av en cell eller ett batteri som upprepas regelbundet i samma sekvens. Ett batteri klarar ett begränsat antal cykler under sin livslängd. ⁷
DC	Likström (Direct Current).
EMC	Elektromagnetisk kompatibilitet. En utrustnings förmåga att fungera tillfredsställande i sin elektromagnetiska omgivning utan att introducera oacceptabla elektromagnetiska störningar för annan utrustning i denna omgivning. Regleras i EMC-direktivet. ⁶
Småskaligt energilager	Anläggning för energilager som är ansluten i kundanläggningen med märkspänning 230/400 volt och effektmässigt mindre än eller lika med 11 kilowatt (16 ampere). ⁸
Storskaligt energilager	Anläggning för energilager som är ansluten i kundanläggningen med märkspänning 230/400 volt eller för högspänning och effektmässigt större än 11 kilowatt (16 ampere). ⁸
Fast ansluten	Elektrisk materiel ansluten till en starkströmsanläggning genom elektrisk fast inkoppling. Motsats: Stickproppsansluten.
Fast installation	En särskild kombination av olika typer av apparater och i förekommande fall andra anordningar som är monterade,

⁶ EMC-direktivet 2014/30/EU

⁷ www.wikipedia.org

⁸ Egen definition influerad av SS-EN 50438, utg 2:2014, samt SS-EN 50160, utg 4:2011, se kapitel 2.2

	installerade och avsedda för permanent användning på en på förhand fastställd plats. ⁹
Utrustning	Apparat eller fast installation. ¹⁰
Network Codes	Nätföreskrifter, föreskrifter på EU-nivå för Europas Elenergibransch, (benämns även grid codes för elnät). ¹¹
Elektrisk effekt	Storhet för överförd effekt mellan två punkter.
W	Watt, SI-enhet för effekt ($W = kg \times m^2 \times s^{-3}$). ¹⁰
Aktiv effekt	Storhet på effekt som ligger i fas med den spänning som driver effekten (nyttig effekt, enhet [W]).
Reaktiv effekt	Storhet på effekt som ligger 90 grader färförskjuten från den spänning som driver den aktiva effekten (onyttig effekt, enhet [VAr]).
Elektrisk energi	Storhet för överförd energi mellan två punkter, exempelvis från elkraftverket via kraftledningarna till den förbrukande hushållsmaskinen.
Wh	Wattimme. Den elektriska energi som en effekt på en watt utvecklar under en timme. ($Wh = 3600J$) ¹² .
kWh	Kilowattimme = 1000 Wh. En infravärmare på 1 kilowatt som är påslagen under en timme använder en kilowattimme. Används normalt vid debitering av elförbrukning.
LVD	Low Voltage Directive, lågspänningsdirektivet är till för att skydda människor, egendom och husdjur från skada orsakad av elektriska produkter.
PE	Skyddsjordsledare (Protection Earth).
PEN	Kombinerad nolla och skyddsjordsledare (Protection Earth and Neutral).
RoHS	Restriction of Hazardous Substances. Direktiv 2011/65/EU som förbjuder eller begränsar användningen av vissa tungmetaller och flamskyddsmedel i elektriska och elektroniska produkter (2012:861). ¹³

⁹ EMC-direktivet 2014/30/EU

¹⁰ www.electropedia.org

¹¹ <http://networkcodes.entsoe.eu>

¹² <http://www.electropedia.org>

¹³ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=CELEX:32011L0065>

Svängmassa	Den roterande massan som utgörs av alla synkroniserade generatorer i kärn- vatten- och kolkraftverk. Håller frekvensen kortvarigt stabil i nätet genom sin tröghet. Mekaniskt rörelsemängdsmoment som överförs till elektrisk styvhet i nätet. ¹⁴
DoD	Depth of Discharge. Urladdningsgrad, beskriver batteriets urladdningskapacitet.
EoL	End of Life. Batteriet anses vara förbrukat när vissa egenskaper, (exempelvis tryck, inre resistans eller kapacitet), försämrats och nått förutbestämda gränsvärden.
SoC	State of Charge. Laddningsmängd uttryckt i procent av total kilowattimme kapacitet vid nyskick.
SoH	State of Health. Hälsotillstånd, nuvarande kapacitet jämfört med kilowattimme kapaciteten vid nyskick.
ASIL	Automotive Safety Integrity Level. Klassning av funktionssäkerhet inom fordonsindustrin.
SIL	Safety Integrity Level. Klassning av funktionssäkerhet inom industrin (process).
CID	Current Interrupt Device. Mekanisk brytare som aktiveras med tryck.
PTC	Positive Temperature Coefficient. Elektrisk komponent som ökar sin resistans med temperaturen.
WEEE	Waste Electrical & Electronic Equipment. Direktiv 2012/19/EU som kräver insamling och återvinning av elektriska och elektroniska produkter. ¹⁵
Önättdrift	Separerad nätdel, bortkopplad från det överliggande nätet (Off Grid, kallas även ödrift). Skydd för oönskad önettdrift krävs.

¹⁴ <http://www.elforsk.se/Global/Vindforsk/Konferenser/Inertia%20seminar/Ulf.pdf>

¹⁵ http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm

1.4 Bakgrund

Målen för EU:s eget klimatarbete brukar förkortas 20-20-20. Det handlar om fyra mål som EU ska nå senast 2020.¹⁶ EU ska:

- minska växthusgasutsläppen med minst 20 procent, jämfört med 1990 års nivåer.
- sänka energiförbrukningen med 20 procent.
- höja andelen förnybar energi till 20 procent av all energikonsumtion.
- höja andelen biobränsle för transporter till 10 procent.

Som en direkt följd av detta har ett antal mål och strategier satts upp för Sverige. Bland annat ambitionen att andelen förnybar energi ska uppgå till minst 50 procent av den totala energianvändningen år 2020¹⁷, och en vision att Sverige inte längre ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären år 2050¹⁸. För att Sverige ska nå målet 2020 har bland annat en nationell planeringsram för vindkraft fastställts, motsvarande en produktionskapacitet på 30 terawattimmar år 2020. Dessutom ska villkoren för anslutning av förnybar elproduktion till elnätet förbättras.¹⁹

Inom transportsektorn finns krav på energiomställning. Efter många år av energieffektivisering ökar åter de fossila utsläppen från fordonsindustrin på grund av den ökande trafiken²⁰. Även om effektiviseringen fortsätter kommer alternativa bränslen, så som biogas och elektrifiering, att krävas för en minskad användning av fossila bränslen. Laddhybrider och elbilar blir vanligare på våra gator och deras effektbehov vid laddning kan idag tillgodoses²¹. I framtiden kan lokala nät med en större andel laddhybrider och elbilar däremot komma att bli flaskhalsar i distributionsnätet, och där krävs nya lösningar eller förstärkningar av nätet.

Förnyelsebar energi från sol, vind och vågor är till sin natur svår att planera. Eftersom den beror på väderlek, tid på dygnet och säsong kan den förnyelsebara energin endast bidra till energiförsörjningen när naturresursen är tillgänglig. Denna typ av energikälla ger även utmaningar för stabiliteten i nätet. Förnyelsebar energi av denna typ saknar svängmassa från stora generatorer och turbiner som vattenkärn- och kolkraftverk har. Utbyggnaden av sol- och vindkraft bidrar således inte med någon svängmassa och skapar därför ett känsligare elkraftsystem.¹⁹

Samhällets behov av el varierar dessutom beroende årstid och dygn vilket ställer krav på planeringen av elproduktionen. Elproduktionen måste alltid och i varje ögonblick vara lika stor som efterfrågan, så att det hela tiden råder balans mellan hur mycket el som produceras och hur mycket som används.

¹⁶ <http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Vad-EU-gor/Miljopolitik-i-EU/Klimatmal-for-att-stoppa-global-uppvarmning/>
¹⁷ <http://www.regeringen.se/sverige-i-eu/europa-2020-strategin/overgripande-mal-och-sveriges-nationella-mal/>

¹⁸ Regeringen, 2009. Prop. 2008/09:162 sid 35 och prop. 2008/09:163 sid 12.

¹⁹ Svenska Kraftnät. *Nätutvecklingsplan 2016 – 2025* (november 2015).

²⁰ Naturvårdsverket. Statistik: Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter.

²¹ Förbrukningsdata från Svenska kraftnät, förutsätter att laddning sker 22:00-06:00.

På konsumentmarknaden har egenförsörjning börjat efterfrågas mycket tack vare möjligheten att kombinera solceller med batterier, vilket ger förutsättningar för att kunna vara självförsörjande på elenergi större delen av året. Energilagret till en solcellsanläggning kan lagra överflödet från dagen för att sedan tillhandahålla det under natten. Den senaste generationen batterilager som saluförs mot konsumenter är i huvudsak av typ litium-jon, där en del är återanvända (second-life) batterier från fordonsindustrin. Denna batterityp är temperaturkänslig och kräver mycket noggrann övervakning av den inbyggda elektroniken för att hållas säkra. Energiinnehållet kan vara högt, likaså spänningen från batteriet, vilket även ställer stora krav på installationen och den lokal där anläggningen ska installeras.

Förnyelsebar energiproduktion i kombination med batterilager har förutsättningar att bättre hantera problem med stabilitet och elkvalitet, då batterilagret kan utbyta både aktiv och reaktiv effekt samt filtrera övertoner. Anläggningar kan byggas i anslutning till snabbbladdningsstationer för fordon och lokala nät kan avlastas genom småskaliga solcellanläggningar med batterilager hos privatkunder.

För att stödja integration av förnyelsebar energiproduktion och förbättra flexibiliteten i kraftsystemen börjar vissa länder införa styrmedel för installation av energilagring. Tydligaste steget tog delstaten Kalifornien 2013 med ett energilagringmandat som kräver att de tre största elbolagen ska upphandla och driftsätta en sammanlagd lagringskapacitet på 1325 megawatt senast 2024, exklusive pumpkraft²². Kina, Italien och Puerto Rico har på liknande sätt ett fokus mot storskaliga projekt medan Japan och Tyskland stimulerar småskaliga energilagring genom installationsbidrag²³.

Sveriges regering har i sitt senaste klimatpaket anslagit 175 miljoner kronor för kommersialisering och utveckling av teknik för energilagring. Energimyndigheten kommer tilldelas medel på totalt 25 miljoner kronor 2016 och därefter 50 miljoner kronor årligen under perioden 2017 - 2019²⁴.

Energimyndigheten stödjer idag, genom Batterifondsprogrammet, forskning och utveckling kring fordonsbatterier och batteriåteranvändning/-återvinning²⁵. Stationära batterilager har identifierats som en passande applikation för återanvändning av fordonsbatterier (second-life). Detta kan även ge en positiv kunskapsöverföring inom säkerhetsområdet då säkerhetskraven inom fordonsindustrin är höga. Det finns dock få projekt inom Batterifondsprogrammet som fokuserat på just säkerhetsrelaterade frågor. Av utdelade medel har cirka 2 procent gått till säkerhetsrelaterade projekt.

²² California Public Utilities Commission. *Decision adopting energy storage procurement framework and design program*, Decision 13-10-040 October 17, 2013.

²³ Power Circle, *Energilagring i energisystemet* (sept. 2014)

²⁴ Prop. 2015/16:1 utgiftsområde 21 (NU3)

²⁵ Energimyndigheten. *Programbeskrivning för Batterifondsprogrammet*, Diariernr 2012-008917.

2 Energilagring

2.1 Omvärldsanalys, energilagringstekniker

Energilagring är ett brett område och det finns många olika metoder att lagra energi från elproduktion på. I sammanställningen nedan är de huvudsakliga teknologierna uppdelade i fem kategorier²⁶.

MEKANISKT LAGER	<ul style="list-style-type: none">• Pumpkraft (PHS Pumped Hydro Storage)• Tryckluft (CAES, Compressed Air Energy Storage)• Svänghjul (FES, Flywheel Energy Storage)
VÄRME LAGER	<ul style="list-style-type: none">• Vattenbaserat (ex. Arlanda Akvifär)• Saltbaserat (MSES, Molten-Salt Energy Storage)• Fasomvandlingsmaterial (PCM, Phase Change Material Storage)
ELEKTRISKT LAGER	<ul style="list-style-type: none">• Superkondensatorer (SC, Supercapacitors)• Supraledande magneter (SMES, Superconduction Magnetic Energy Storage)
ELEKTROKEMISKT LAGER	<ul style="list-style-type: none">• Bly-syra (Lead-acid)• Litiumjonbatterier (Li-ion)• Natrium-svavelbatteri (Sodium-sulfur, NaS)• Flödesbatterier (ex. VRB Vanadium Redox-flow Batteries)
KEMISKT LAGER	<ul style="list-style-type: none">• Vätgas• Syntetisk naturgas (SNG, Synthetic Natural Gas)• Övriga kemiska föreningar (ex. metanol, etanol, etcetera)

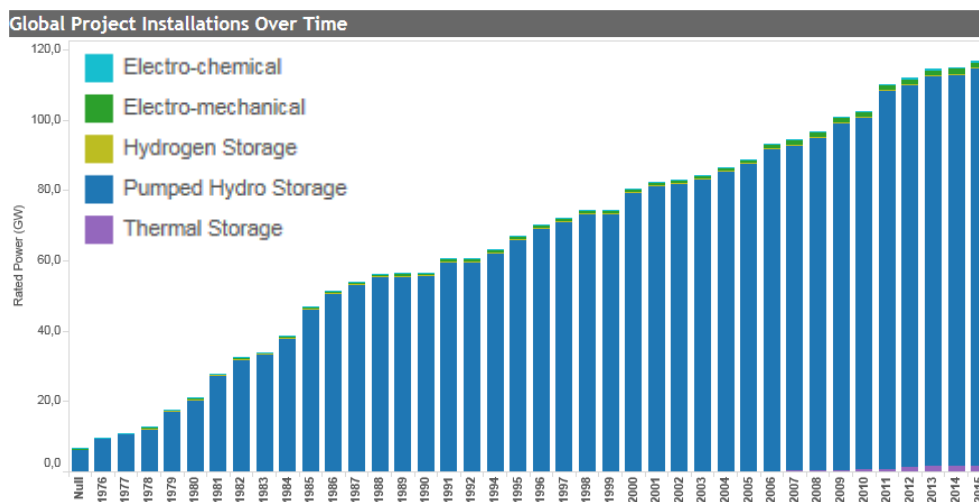
Figur 1: Teknologier för energilagring²⁶

Pumpkraft (PHS) är den teknologi som globalt dominerar den i driftsatta energilagringsskapaciteten. Andelen ligger kring 95 procent²⁷ till 99 procent²⁸ beroende på källdata. Metoden är beprövad och har till sin fördel att den kan lagra mycket stora energimängder, men kräver geografiska förutsättningar och har relativt låg omsättningseffektivitet. (70 - 80 procent)²⁸.

²⁶ SBC Energy Institute (2013), *Electrical Storage* och PwC, 2015. Egen modifiering.

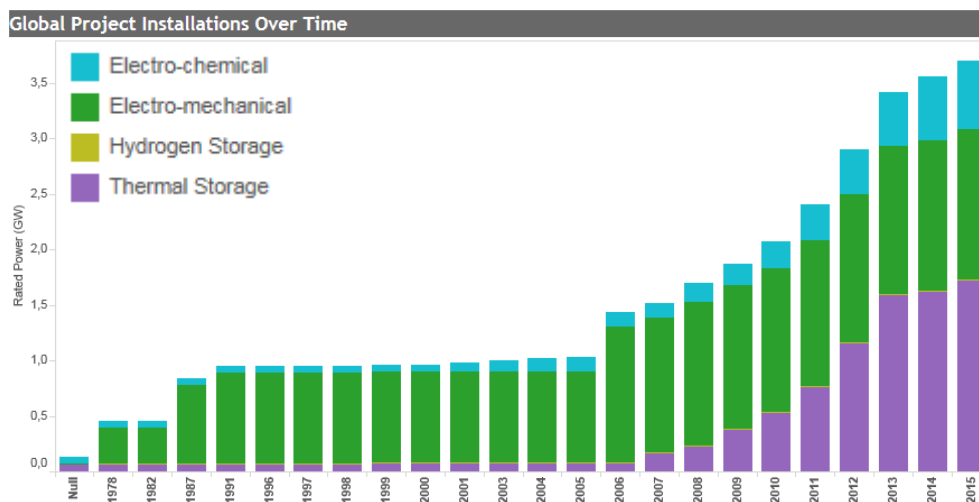
²⁷ U.S. Department of Energy, *Grid Energy Storage*, (december 2013)

²⁸ © IRENA 2016, *Renewables and Electricity Storage, A technology roadmap for REmap 2030* (June 2015).



Figur 2: Total installerad energilagerkapacitet globalt²⁹

Bortser man från den dominerande pumpkraften kan man tydligare se trenden för övriga energilagringsmetoder. Endast två svenska energilager finns omnämnda i statistiken³⁰: Arlanda Akvifär, världens största termiska energilager samt Falbygdens Energi som i samarbete med ABB installerat en pilotanläggning med ett litium-jon batterilager på 75 kilowattimmar³¹. Det är också klart att kemiska energilager så som vätgas idag endast är en marginell företeelse, men intensiv forskning och lanseringen av den första bränslecellsbilen för privatkunder kan driva på kommersialiseringen³².



Figur 3: Installerad energilagerkapacitet globalt exklusive pumpkraft²⁹

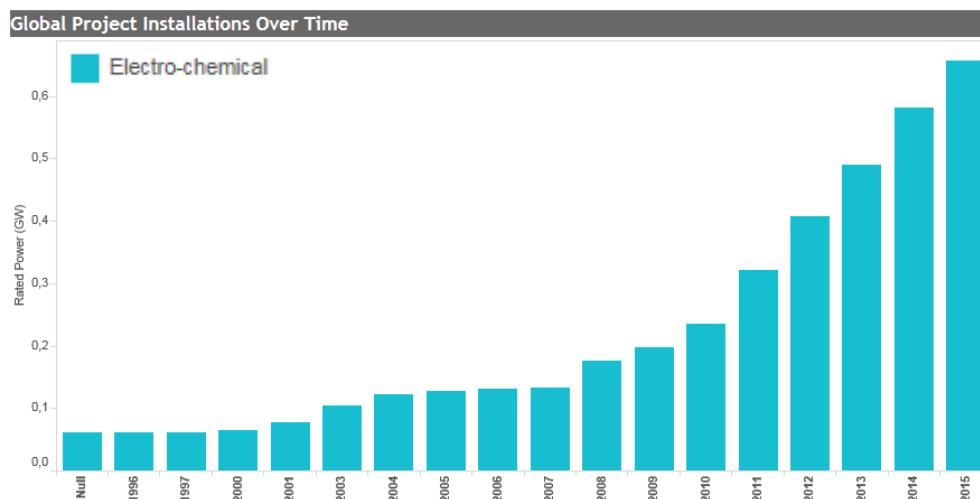
²⁹ Sandia National Laboratories, DOE Global Energy Storage Database.

³⁰ Västra Orust Energitjänst har installerat ett 20 kWh energilager från Box of Energy (sept. 2015), saknas i statistiken.

³¹ Elforsk rapport 14:58, *Test och utvärdering av energilager* (oktober 2014)

³² Toyota Mirai, Japan 2014, USA och Europa 2015.

Tittar man enbart på elektrokemisk energilagring är trenden tydlig, till stor del driven av nyinstallation och uppgradering av befintliga solcellsanläggningar³³. Utvecklingen förväntas fortsätta med en potential på 480 gigawatt 2030 jämfört med 3 gigawatt 2010³⁴.



Figur 4: Installerad elektrokemisk energilagerkapacitet globalt³⁵

Den elektrokemiska delen av den totala globala energilagringsskapaciteten är idag mycket liten men antal installationsprojekt är desto större³⁵, 901 jämfört med 630 för övriga teknologier. Orsaken kan vara den mindre energikapaciteten hos batterilager jämfört med pumpkraft eller termiska lager, vilket idag begränsar kundtypen till mindre anläggningar där övriga alternativa teknologier inte är möjliga.

De senaste åren har batterier visat lovande tekniska och ekonomiska förbättringar, mycket drivet av fordonsindustrins intensiva utveckling av elektrifierade fordon och det finns många lovande litium-jonbaserade teknologier som ytterligare kan förbättra egenskaperna³⁶. Med den förutspådda ökande andelen elektriska fordon i världens fordonsflotta tros även tillgången på second-life batterier vara god (cirka 50 procent beräknas återanvändas)³⁴. Dessa batterier bedöms ha kapacitet³⁷ (SoH > 80 procent) och kvarvarande livslängd som väl täcker behoven för ett stationärt energilager³⁸.

³³ <http://eupd-research.com>

³⁴ © IRENA 2016, *Renewables and Electricity Storage, A technology roadmap for REmap 2030* (June 2015).

³⁵ Sandia National Laboratories, DOE Global Energy Storage Database, <http://www.energystorageexchange.org>

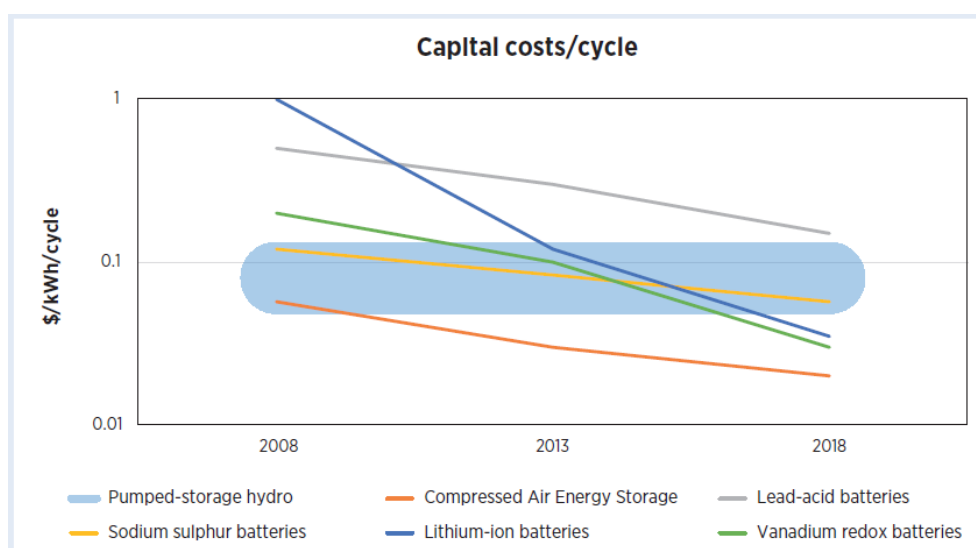
³⁶ Gerssen-Gondelach, S. J., & Faaij, A. P. C. (2012). *Performance of batteries for electric vehicles on short and longer term*. Journal of Power Sources, 212, 111-129.

³⁷ SoH 80 % för fordonsbatterier: SS-EN 62660-1. SoH 60 % för industriapplikationer: SS-EN 62620.

³⁸ Box of Energy, <http://www.boxofenergy.se> och EVEREST, <http://www.futuretransportsystems.co.uk>

Vid jämförelse mellan olika batterilagrar bör man beakta den tänkta nyttan med anläggningen. För en småskalig solcellsanläggning är batterilagrets främsta nytta att under sin livstid flytta lagrad energi från dag till natt. Inköspriset måste därför fördelas på batterilagrets användbara energikapacitet (möjlig urladdningsgrad, depth of discharge) och det möjliga antalet cykler under anläggningens livslängd. Detta ger en uppskattning om kostnaden, även om mer noggranna beräkningsmetoder finns att tillgå³⁹.

Nedan framgår att trots ett högre inköspris på litium-jonbatterier än bly-syrbatterier gör litium-jonbatteriets höga verkningsgrad, högre urladdningskapacitet och bättre tålighet mot cykling att nyttjandekostnaden ändå blir lägre.



Figur 5: Uppskattad nyttjandekostnad för energilager⁴⁰

Det pågår mycket forskning kring litium-jonceller/batterier och vissa cell/batteritillverkare har annonserat en kraftig ökning av produktionskapaciteten⁴¹. Nyttjandekostnaden förväntas då förbättras ytterligare gentemot övriga teknologier och kemier.

Natrium-svavelbatterier är en mogen teknik men har inte fördelen av en fordonsindustri som driver på prisreduktionen. Natrium-svavelbatterier har förvisso hög verkningsgrad och lång livslängd, men de kräver en temperatur på cirka 300 - 350 grader Celsius för att fungera, och ger inte samma höga effekttäthet.

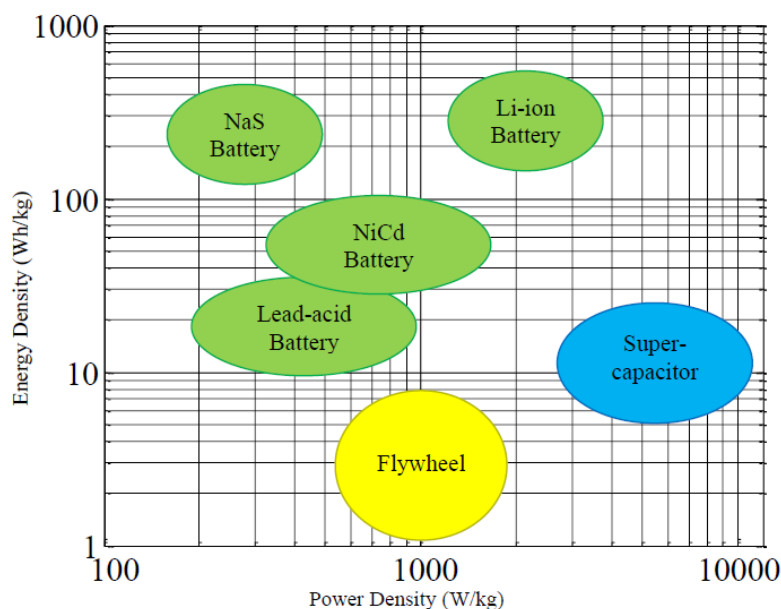
³⁹ SS-EN 60300-3-3, utg 1:2004 Ledning av tillförlitlighet - Del 3-3: Vägledning - Livstidskostnad (LCC)

⁴⁰ © IRENA 2016, *Renewables and Electricity Storage, A technology roadmap for REmap 2030* (June 2015), baserad på IESA, *Opportunities & Challenges for small scale storage for renewable off grid solutions*, R. Walawalkar, 2014.

⁴¹ Tesla Motors Gigafactory kommer 2020 ha en produktionskapacitet som motsvarar den globala produktionsvolymen av litium-jonbatterier 2013.

Som framgår av bilden nedan har litium-jonbatterier till skillnad från bly-syrabatterier egenskapen att klara både hög energi- och effekttäthet, vilket gör dem mycket attraktiva för fordonsindustrin. För stationära batterilager är vikt och utrymme inte lika kritiskt men kemins nyttjandekostnad gör den passande för applikationen.

För storskaliga batterilager där man har möjlighet att hålla batterilagret på rätt temperatur kan även natrium-svavelbatteriet vara ett alternativ, men nyttjandekostnaden spås inte förbättras i samma takt som för litium-jon. Redox är en annan batteriteknik (flödesbatterier⁴²) som dock kräver visst underhåll men förväntas följa litiums-jonbatteriets utveckling av nyttjandekostnaden. Där kan även elsäkerheten enkelt tillgodoses genom dränering av elektrolyten vid felfall.



Figur 6: Ragone diagram, energi- och effekttäthetsrelation för olika energilager⁴³

Eftersom stationära batterilager inte främst behöver hålla nere vikt och normalt har bättre tillgång till utrymme kan även blybatterier med nya kemier komma att utmana litium-jonbatterierna.

⁴² IEC 62932-2-2 Ed. 1.0 Flow Battery Systems for Stationary applications - Part 2-2 Safety requirements.

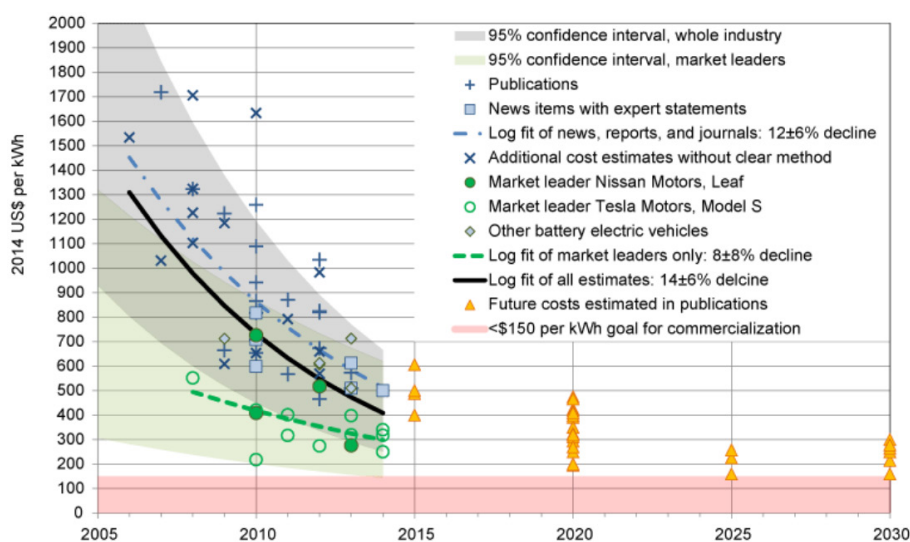
⁴³ Sizing methodology and life improvement of energy storage systems in microgrids. Källa: Hussam Jihad Khasawneh 2015, The Ohio State University.

Strax utanför Göteborg används ett 144 kilowattimmar batterilager av typen bly-kiselgel till ett lågenergihus i önaetsdrift⁴⁴. Huset är utrustat med solceller och solvärme samt en vätgasanläggning för elektrolys och komprimering av vätgas. En bränslecell används vintertid för att omvandla den lagrade vätgasen till elenergi. Batteritypen utlovar bättre tålighet mot cykling och en drastisk förbättring av möjlig urladdningsgrad (DoD) jämfört med bly-syra, vilket förväntas förbättra nyttjandekostnaden avsevärt. Kemin hävdas även vara ett miljövänligare alternativ till det traditionella bly-syrbatteriet⁴⁵.



Figur 7: Batterilager, 144kWh bly-kiselgel

Då litium-jonbatterier fortfarande är i en erfarenhetskurva⁴⁶ spås prisutvecklingen fortsätta nedåt (Figur 8), kanske i vissa fall snabbare än litteraturen gör gällande⁴⁸.



Figur 8: Kostnadsestimering av litium-jonbatterier för användning i elbilar⁴⁷

⁴⁴ Benämnt Parkudden Energi av ägaren Hans-Olof Nilsson.

⁴⁵ JinHui Silicon Energy, <http://www.ssqhq.com/en/group.asp?id=1114>

⁴⁶ Pris som funktion av produktionsvolym indikerar framtida prisutvecklingspotential för ett produkt- teknikområde.

⁴⁷ Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: [Nature Climate Change] (*Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles*), copyright (2015).

Pumpkraft är en beprövad energilagringsteknologi som varit med från början av 1900-talet och det är först på 1970-1980-talet som annan teknik började introduceras i större skala³⁵. Intresset för batterilager satte fart i började av 2000-talet och intensifieras nu med behovet att lokalt kunna lagra förnyelsebar energi och säkra stabiliteten i nätet. Litium-jonkemin har visat sig ha bra egenskaper både för fordonsbatterier och stationära batterilager.

Återanvändning (second-life) av batterier från elfordon är i sin linda men då batterier för laddhybrider och elbilar fortfarande har höga kapacitetskrav vid End of Life (EoL = SoH < 80 procent) så finns kapacitet kvar i batterierna för att fungera bra som batterilager, där stressen är lägre. Elektrifiering av fordonsparken driver en kraftig ökning av produktionskapaciteten⁴⁸ och en förbättring av batteriegenskaperna, och man kan anta att både inköpspris och nyttjandekostnad för stationära batterilager kommer minska under de kommande åren⁴⁹.

2.2 Definition av små- och storskalig anläggning

I Elsäkerhetsverkets regleringsbrev för 2016 är detta uppdrag rubricerat ”Små- och storskalig energilagring av el”. Elsäkerhetsverket använder i denna rapport begreppen enligt följande:

Småskalig anläggning

Anläggning för energilager som är ansluten i kundanläggningen med märkspänning 230/400 volt och effektmässigt mindre än eller lika med 11 kilowatt (16 ampere)⁵⁰. Användarna är privatkunder (konsumenter), mindre industrikunder, mindre fastighetskunder och mindre företagskunder med flera.

Storskalig anläggning

Anläggning för energilager som är ansluten i kundanläggningen med märkspänning 230/400 volt eller för högspänning och effektmässigt större än 11 kilowatt⁵¹. Användarna är industrikunder, företagskunder, rena produktionsbolag, elhandlare, affärsverket Svenska kraftnät och elnätsföretagen själva.

⁴⁸ Tesla Motors, Power Wall https://www.teslamotors.com/sv_SE/powerwall?redirect=no

⁴⁹ B. Nykvist, M. Nilsson, *Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles*, 2015.

⁵⁰ Definitionen är baserad på effektgränsen 16 ampere angiven i standarden SS-EN 50438, utg 2:2014 *Fordringar på mindre generatoranläggningar för anslutning i parallell drift med det allmänna elnätet*. Vi noterar dock att detta ger en låg effektgräns för småskaliga anläggningar och att en rimligare nivå hade varit 25 ampere. Vidare noterar vi att exempelvis Irland och Finland har utökat giltigheten för denna standard för att gälla även högre effekter.

⁵¹ Med vald definition gäller inte SS-EN 50438, utg 2:2014, istället gäller standarden SS-EN 50160, utg 4:2011 *Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution*.

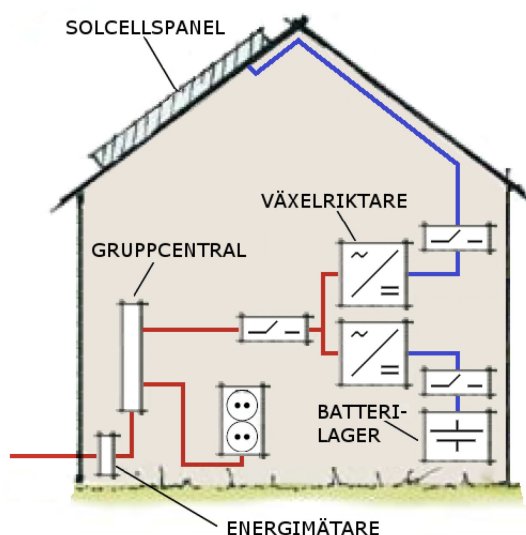
2.3 Småskaligt energilager

Detta kapitel syftar till beskriva ett typiskt småskaligt energilager i en solcellsanläggning⁵² och dess ingående delar. Ett småskaligt energilager kan således vara utformat på annat vis, kopplad till annan energikälla.

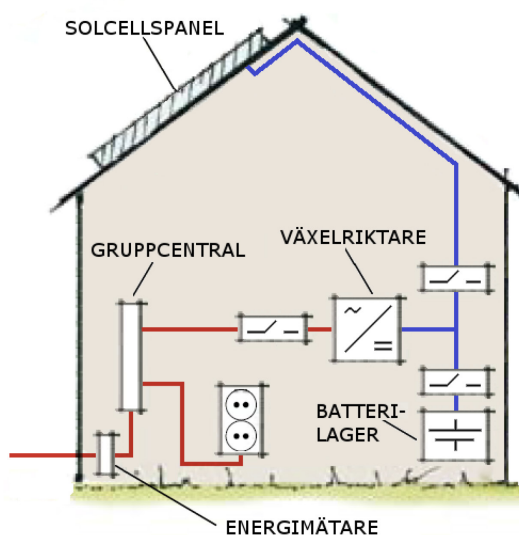


Figur 9: Testanläggning för batterilager med solceller i Glava, 2016

Ett nätanslutet stationärt batterilager har en likströmssida och en växelströmssida. En solcellspanel ansluter man normalt på likströmssidan men det finns lösningar där anslutningen görs på växelströmssidan. Varje omvandling mellan likström och växelström ger dock förluster och det finns testanläggningar där man även anslutit ventilation på likströmssidan för att minska denna förlust⁵³.



Figur 10: Skiss på AC-kopplad batterianläggning med solceller



Figur 11: Skiss på DC-kopplad batterianläggning med solceller

⁵² Se Elsäkerhetsverkets rapport: Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande solcellsanläggningar, Dnr 15EV519.

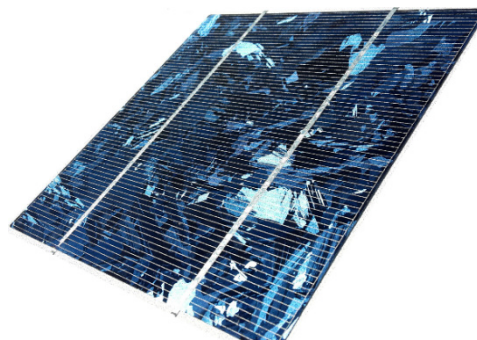
⁵³ Glava Energy Center, Science lab, 325 V DC.

2.3.1 Solcellspanel

Även om batterilagret utifrån kan ses som en producerande komponent så är det solcellspanelen som är den komponent som står för elproduktionen i anläggningen.

För att uppnå önskad effekt från direktomvandlingen av solljus till likström, serie- och parallellkopplas ett antal solcellsmoduler i strängar.

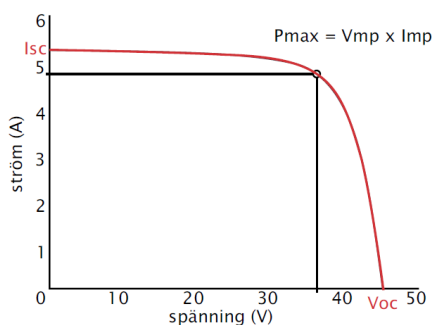
Strömmen från en solcellspanel beror på panelens storlek, solinstrålningen och belastningen. Eftersom solcellerna seriekopplas påverkar en skuggad eller ej fungerande cell hela modulen, men med bypass-dioder eller aktiva effektoptimerare kan förlusten minskas. För att maximera uteffekten (P_{max}), bör belastningen på solcellspanelen styras så att förhållandet mellan ström och spänning hålls optimalt. Många växelriktare har denna PPT funktion inbyggd, (Power Point Tracker).



Figur 12: Solcell av poly-kristallint kisel



Figur 13: Solcellsanläggning, Glava 2016



Figur 14: IV-kurvan, beroendet mellan ström och spänning för en solcellsmodul⁵⁴

Ur elsäkerhetssynpunkt är det viktigt att komma ihåg att solcellsmodulen producerar likström även om den inte är direkt belyst av solljus. Minsta ljuskälla kan vara nog för att alstra ström. Det finns inte något enkelt sätt att göra den spänningslös om den inte utrustats med smarta paneler eller effektoptimerare.

⁵⁴ Källa: SolEI-programmet, *SolEI Installationsguide Nätanslutna Solcellsanläggningar*.

2.3.2 Batterisystem

Som tidigare nämnts finns många olika batterikemier och utvecklingen går hela tiden framåt. Tittar man på elrelaterade säkerhetsaspekter är det främst elchock och elrelaterade bränder som behöver belysas.

För elchock⁵⁵ är dagens alla tillämpliga batterikemier likvärdiga eftersom det främst är likspänningsnivån som sätter allvarlighetsgraden. Men då fordonsindustrin ser fördelar med att höja denna spänning i kommande batterigenerationer finns ändå en viss koppling till batterikemin. Fordonsindustrin använder inte bly- eller natrium-svavelbatterier, så där finns en större frihet att bestämma lämplig likspänningsnivå på batterilagret. För litium-jonbatterier till fordonsindustrin levereras oftast battericellerna i färdiga batterimoduler, eller kompletta batteripack där utspänningen är förutbestämd. I dagens applikationer ligger denna kring 270 – 375 volt beroende på tillverkare och modell, med enstaka produkter upp till cirka 450 volt. Utveckling mot högre spänningar kan ge oss batteripackar med nominell spänning på cirka 800 volt om några år. In kapsling⁵⁶, isolations⁵⁷- och installationskrav på anläggningen är därför mycket viktiga, med tydlig märkning och svensk bruksanvisning för underhåll och reparation.



Figur 15: Blybatterilager, solcellsanläggning i Glava

Elrelaterad brand kan uppstå vid strömrusningar orsakade av icke avsäkrade kortslutningar⁵⁸. Litium-jon kemin är unik på så vis att överladdning⁵⁹ kan leda till termisk rusning med en okontrollerad frigörelse av battericellens energi. För att förhindra brandspridning till närliggande celler måste batteripacken byggas med passiva inneslutningsmetoder. Batteriet måste också begränsa upp- och urladdningsströmmar beroende på omgivningstemperatur och SoC (State of Charge). Litium-jonbatterier har därför en batteristyrenhet (BMS) som övervakar och styr varje cell i batteriet för att hålla SoC, upp- och urladdningsströmmar samt spänningar inom batteriets begränsade arbetsområde⁵⁹. Skyddet bör finnas på alla nivåer av batterianläggningen och insamlas så att cell-, modul- och systemsäkerhet kan säkerställas. Då undviks dolda fel på cellnivå genom vidarebefordran av cellstatus (ström, spänning och eventuellt även temperatur) till det överliggande kontrollsystemet⁶⁰. Diagnosen bör vara intelligent på så vis att mätvärden rimlighetskontrolleras för att även kunna undvika dolda sensorfel⁶⁰.

⁵⁵ IEC 62485-2: Safety requirements for secondary batteries and battery installations, (kommer en del 5 för litium-jon).

⁵⁶ SS-EN 60529 Kapslingsklasser för elektrisk materiel (IP-beteckning)

⁵⁷ SS-EN 60664-1, utg 2:2007 Isolationsnivå för elektriska anläggningsdelar och utrustningar i lågspänningssystem

⁵⁸ Både SS-EN 61427-2, utg 1:201X och IEC 62485-2 berör kortslutning och strömrusning.

⁵⁹ IEC 62619 Ed. 1.0 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes

⁶⁰ DNVGL Recommended Practice-Safety operation and performance of grid-connected energy storage systems, 2015

Skulle överladdning ske kan ett begynnande haveri upptäckas på lukten då elektrolyten i ett litium-jonbatteri innehåller lösningsmedel av alkydkarbonater. Lukten kan påminna om nagellack eller Plastic Padding och ångorna är brandfarliga.⁶¹ Men även normal laddning under fryspunkten kan skada batteriet⁵⁸, anoden pläteras då med metalliskt litium vilket ger ett mycket instabilt batteri som riskerar intern kortslutning. Laddning vid höga temperaturer (upp till cirka 70 grader Celsius)⁶⁰ påverkar främst livslängden⁶², men fortsätter man att belasta anläggningen i än högre temperaturer kan man nå kritiska nivåer där termisk rusning kan inträffa (120 - 180 grader Celsius)⁶³.

Solcellspaneler beräknas ha en livslängd på 20 till 30 år med små eller nästan obefintliga drift- och underhållskostnader⁶⁴. Batterilagers åldringsegenskaper är främst relaterat till ett visst antal upp- och urladdningscykler innan de behöver ersättas. En solcellsanläggning med tillhörande batterilager är därför inte helt underhållsfri. För allvarliga felmeddelanden beträffande batterilagrets driftstatus bör anläggningen inte bara larma lokalt i systemet utan även skicka larm till berörd extern mottagare för omedelbar åtgärd. All diagnosdata i de olika systemkomponenterna bör sammanställas och sparas på sådant sätt att en analys av orsaken kan göras efter ett eventuellt haveri⁶⁰.

Batterilagret ingår normalt som en del av den allmänna starkströmsanläggningen i fastigheten. Därmed omfattas den av kravet på fortlöpande kontroll av innehavaren, så att elsäkerheten i anläggningen behålls under hela dess livslängd.

Inom fordonsindustrin finns arbetssätt och standarder som ska säkra en tillräcklig säkerhetsnivå på batterisystemet (bland annat ASIL)⁶⁵ så att det inte uppstår haverier vid rimlig påverkan och att det säkerhetskritiska systemet upprätthåller en tolererbar risk. Liknande standarder finns även för industriellt bruk, där man klassificerar system enligt SIL⁶⁶. Före installation och idrifttagande bör acceptansprovning av batterianläggningen göras för att säkerställa att alla säkerhetsmekanismer är kompletta, fullt fungerande och möter de faror som tidigare identifierats i säkerhetsanalysen⁶⁷.

Litium-jonbatterier innehåller inte några giftiga metaller, exempelvis tungmetaller, men eftersom elektrolyten är både brandfarlig och giftig ska litium-jonbatterier hanteras som farligt avfall vid återvinning. Batterierna utgör även en fara under transport till återvinning⁶⁸. Se kapitel 4.7 för mer information.

⁶¹ FFI projektet Räddningskedjan, *e-fordons Potentiella Riskfaktorer vid Trafikskadehändelser* (2014)

⁶² http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_at_high_and_low_temperatures

⁶³ A. Arora, J. Harris, B. Pinnangudi, *Lithium ion batteries for stationary applications: A safety perspective*, (2011)

⁶⁴ <http://www.svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/Solel/drift-och-underhall-av-solcellsanlaeggningar>

⁶⁵ ISO 26262 Road vehicles - Functional safety, tillsammans med övriga tillförlitlighetsstandarder och interna krav.

⁶⁶ Ingen dedikerad standard finns för energilagring, men den allmänna bas-standarderna går att använda: SS-EN 61508

Säkerhetsfordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska systems funktion

⁶⁷ SS-EN 61511, utg 1:2005 Funktionssäkerhet - Säkerhetskritiska system för processindustrin

⁶⁸ SS-EN 60086-4 Säkerhetsfordringar litiumbatterier, och SS-EN 62281 Säkerhet vid transport, samt ADR/RID/IMDG.

Översvämning bedöms ligga utanför det elsäkerhetstekniska området och behandlas därför inte i denna rapport, mer än att konstatera att den elektriska anläggningens utförande ska vara anpassat till de förhållanden som råder vid platsen enligt gällande bestämmelser.

2.3.3 Värme och ventilation

Som tidigare nämnts är litium-jonbatterier temperaturkänsliga och omgivningstemperaturen måste hållas inom dess arbetsområde⁶⁹ (cirka 5 - 40 grader Celsius)⁷⁰ för att cellerna inte ska ta skada och fungera optimalt med bibehållen livslängd.

Värme och ventilation för lokalen där batterilagret är installerat blir således en viktig del av batterianläggningen och måste i många fall skräddarsys för att passa anläggningen och gällande standarder. Ventilationen är dessutom viktig för att kunna evakuera gaser vid felfall (gäller både bly-syra och litium-jon)⁷¹. Varnings-system eller återkoppling till kontrollsystemet för batterilagret kan vara nödvändigt för att säkra att ventilation och värme är i drift. Detta är också något som MSB har poängterat i sina rekommendationer⁷².

2.3.4 DC-brytare

Två brytare krävs för att kunna frångilja likströmsdelarna vid till exempel service och reparationer för att undvika eventuell elchock. För att kunna frångilja korrekt måste brytare sitta på matning från batterilager samt från matande solcellspanel.



Figur 16: DC-brytare på en småskalig solcellsanläggning med batterilager, Glava 2016

2.3.5 Växelriktare

Växelriktaren⁷³ omvandlar batteriernas likspänning till växelspanning med frekvensen 50 hertz som kan matas ut på elnätet. Denna växelspanning ska av växelriktaren också synkroniseras mot elnätet. Vid bortfall av elnätet är det av säkerhetsskäl viktigt att energilagret inte matar ut energi på elnätet (ENS⁷⁴). Det

⁶⁹ IEC 62619 Ed. 1.0 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes

⁷⁰ DNVGL-RP-0043 *Safety, operation and performance of grid connected energy storage systems*, (December 2015)

⁷¹ IEC 62485-2: Safety requirements for secondary batteries and battery installations, (kommer en del 5 för litium-jon).

⁷² <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandfarligt--explosivt/Brandfarliga-gaser/Batteriladdning/>

⁷³ SS-EN 62477-1, utg 1:2012 Säkerhetsfordringar på utrustning och system med halvledarströmriktare - Del 1: Allmänt

⁷⁴ Skydd mot bakmatning vid önsadsdrift enligt *DIN VDE 0126*.

läge där man får utmatning mot ett nät som fallit bort brukar kallas oönskad önätsdrift. Elnätsföretaget kan vid vissa tillfällen ha behov av att göra elnätet helt spänningslöst för till exempel ombyggnation eller reparation. Om man då har ett batterilager som matar elnätet okontrollerat så är det stor risk för att elnätet vid arbetsstället är spänningssatt och därmed blir farligt. För att undvika problem med oönskad önätsdrift har nästan alla växelriktare försetts med skyddskretsar som kopplar bort växelriktaren vid bortfall av elnätet. Skyddet mot oönskad önätsdrift kan också förekomma som en separat komponent.

Växelriktare innehåller normalt stora kondensatorer för att förbättra EMC prestanda, dessa kan ses som extremt snabba laddningsbara batterier men med mycket begränsad lagringskapacitet. En helt fränkopplad växelriktare kan därför under en viss tid fortfarande vara spänningsförande om eventuella kondensatorbankar inte laddats ur eller på annat sätt kopplats bort automatiskt av växelriktaren.

2.3.6 AC-brytare

Det krävs en brytare på AC-sidan för att skilja växelriktaren från elnätet vid till exempel service och underhåll.⁷⁵

2.3.7 Elmätare

Ellagen kräver mätning för inmatning respektive utmatning av el till fastigheten. Detta sker vid elmätaren (även kallad energimätare) på Figur 10 och Figur 11. Det går att använda denna mätare för att få ett elcertifikat, men certifikatet gäller endast för det överskott som registreras. Med installation av mätare vid solcellspanelen fås elcertifikat på hela produktionen. Elcertifikat är helt separat och inrapporteras till Energimyndigheten.

2.3.8 Elinstallation

Det är viktigt att de olika delarna i anläggningen installeras i enlighet med god elsäkerhetsteknisk praxis. Om svensk standard tillämpas som komplement till Elsäkerhetsverkets föreskrifter om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda anses anläggningen vara utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis.

Se även kapitel 3.3 och 7.2.

⁷⁵ Stycke 536.1.3 i elinstallationsreglerna SS 436 40 00, utgåva 2.

2.4 Storskaligt energilager

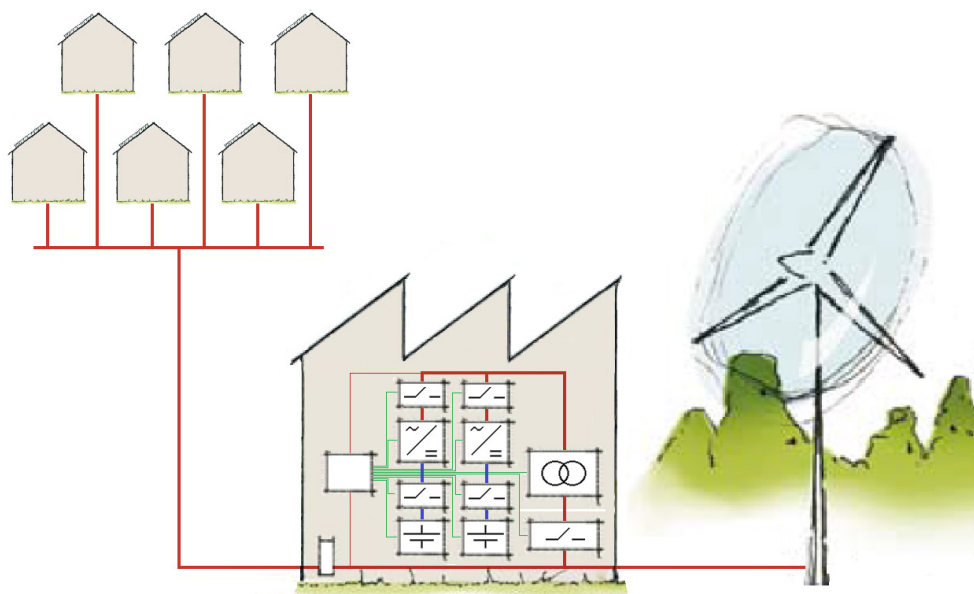
Detta kapitel syftar till beskriva ett typiskt storskaligt energilager i en vindkraftsanläggning och dess ingående delar. Ett storskaligt energilager kan således vara utformat på annat vis och behöver inte ingå i en vindkraftsanläggning.



Figur 17: Batterilageranläggning med transformator station⁷⁶

Definitionsmässigt finns en överlapp mellan små- och storskaliga energilager, se kapitel 6.2. Den tekniska anslutningen av ett storskaligt energilager skiljer sig dock inte nämnvärt tekniskt från ett småskaligt energilager. Nätkunden är möjligen av en annan karaktär, exempelvis en större industrikund eller ett nätbolag. Även syftet är sannolikt av annan karaktär, exempelvis att reducera eller minska effekttoppar, önsatsdrift vid avbrott, omhändertata överlast, produktion av elenergi för nätförluster eller kompensering av i elnätet genererade övertoner⁷⁷.

⁷⁶ Zürich (EKZ) och ABB har installerat ett 1 Megawatt batteri i Dietikon, Schweiz. Batterikapacitet 500 kWh. Foto ABB.
⁷⁷ U.S. Department of Energy, *Grid Energy Storage*, (december 2013)



Figur 18: Skiss på storskalig batterianläggning med vindkraft

2.4.1 Vindkraftverk (vindkraftpark)

Etableringen av enskilda vindkraftverk och vindkraftparker har under de senaste åren varierat både vad avser storlek och etableringstakt. Affärsverket Svenska kraftnät och de olika elnätsföretagen, i första hand regionnätsföretag, har till uppdrag att kontinuerligt hantera ansökningar om anslutning av vindkraft, antingen till storkraftnätet eller till de olika regionnäten. Affärsverket Svenska kraftnät har dessutom uppdrag att inom ramen för deras ansvar för stamnätet, planera för och ställa tekniska krav på nya anslutningar så att dessa ur systemsynpunkt passar för anslutning till stamnätet. Dessutom ansvarar de från den 1 maj 2015 för nätförstärkningslån⁷⁸, som syftar till att underlätta anslutning av förnybar elproduktion till elnätet.

⁷⁸ <http://www.svk.se/natforstarkningslan>



Figur 19: Storskalig vindkraftpark, Lillgrund med transformatorstation⁷⁹

Produktionen från ett enskilt vindkraftverk varierar med varje vindby medan den samlade produktionen från alla vindkraftverk i Sverige varierar betydligt mindre⁸⁰. En geografisk spridning av vindkraftverk är därför fördelaktig för att förutsäga och balansera elproduktionen⁸¹, och i Sverige är vindkraften idag relativt väl fördelad geografiskt⁸². Men på lokal nivå⁸³ måste produktionen optimeras och balanseras mot det lokala nätets kapacitet och belastning, batterilager kan där bidra till en bättre nyttjandegrad av både vindkraften och nätet.

2.4.2 Batterisystem

Batterisystem för energilagring som är anslutet till ett större vindkraftverk eller till en vindkraftpark har ju naturligtvis större byggvolym och är ofta i containerutförande tillsammans med övrig kringutrustning. Dessa kan även nyttjas utan att vara direkt kopplade till vindkraftsproduktion. På marknaden finns idag kompletta batterisystem i containerutförande som kan leverera 20 megawattimmar, och större system är under utveckling.



Figur 20: Batterilager på 2,7 megawattimmar med växelriktare och kontrollskåp⁸⁴

⁷⁹ Copyright Siemens AG, credit to www.siemens.com/press, ref PN200826-04.

⁸⁰ Centrum för Vindbruk (CVI), Högskolan på Gotland. *Faktablad om vindkraft No 3*

⁸¹ www.vindkraftsbranschen.se

⁸² Energimyndigheten. *Vindkraften första halvåret 2015, - Siffror på kommunnivå*

⁸³ Lokalnät kan delas upp i lågspänning (400/230 volt) och högspänning (oftast 10–20 kilovolt).

⁸⁴ Copyright Siemens AG, Siestorage.

2.4.3 DC-brytare

I storskaliga system för energilagret utförda som fasta installationer⁸⁵ kan det vara tvunget att dela upp energilagret och övriga ingående komponenter i parallella delar. Detta leder till att man behöver DC-brytare på varje parallellt energilagret, främst för att kunna utföra underhåll och reparationer. DC-brytare krävs också för att kunna koppla bort likströmsdelen vid till exempel service på växelriktaren.

2.4.4 Likriktare

Likriktarfunktionen i större anläggningar är sannolikt också uppdelad i parallella enheter, både på grund av kapacitetsaspekter och för att kunna genomföra effektiv service.

2.4.5 Växelriktare

Växelriktare omvandlar batterilagrets likspänning till växelspänning med frekvensen 50 hertz, som kan matas ut på elnätet. Denna växelspänning ska av växelriktaren också synkroniseras mot elnätet. Vid bortfall av elnätet är det av säkerhetsskäl viktigt att energilagret inte matar ut energi på elnätet, om inte det är ett eller flera av syftena med energilagret. Om syftet är önätsdrift så sker detta under väl kontrollerade tekniska förutsättningar och regler. Elnätsföretaget kan vid vissa tillfällen ha behov av att göra elnätet helt spänningslöst för till exempel ombyggnation eller reparation. Om man då har batterilager som matar elnätet okontrollerat så är det stor risk för att elnätet vid arbetsstället är spänningssatt och därmed blir farligt. För att undvika sådana problem med oönskad önätsdrift har nästan alla växelriktare försetts med skyddskretsar som kopplar bort växelriktaren vid bortfall av elnätet. Skyddet kan också förekomma som en separat komponent.

Till skillnad från oönskad önätsdrift i händelse av nätbortfall kan det vara en primär funktion hos energilagret att utgöra reservkapacitet, men då är energilagrets styrsystem och starkströmsanläggningen anpassad för detta driftläge för att säkerställa kontrollerad önätsdrift. Viktigt är också att återgången till normaldrift också sker under kontrollerade former.

Säkerhetskraven i standarder för växelriktare för storskaliga högspänningsanläggningar⁸⁶ utförda som fasta installationer⁸⁷ kan vara andra än de för materiel för småskaliga anläggningar, då småskaliga anläggningar⁸⁸ normalt omfattas av LVD.

⁸⁵ Fast installation enligt EMC-direktivet.

⁸⁶ IEC 62477-2:201x Safety requirements for power semiconductor converter systems part 2: Power Electronic Converters from 1000 V a.c. or 1500 V d.c. up to 35 kV a.c.

⁸⁷ Fast installation enligt EMC-direktivet.

⁸⁸ SS-EN 62477-1, utg 1:2012 Säkerhetsfordringar på utrustning och system med halvledarströmriktare - Del 1: Allmänt

2.4.6 AC-brytare

I storskaliga anläggningar utförda som fasta installationer⁸⁵ behövs, liksom för DC-brytarfunktionen, parallella AC-brytare per växelriktarenhet för att säkerställa frånskiljningen. Det är i sin tur en förutsättning för att kunna underhålla och reparera växelriktarenheterna.

2.4.7 Mätning

Mätning krävs för inmatning respektive utmatning av el till anläggningen. Detta sker i anslutningspunkten till elnätsföretagets nät.

2.4.8 Einstallation

Det är viktigt att de olika delarna i anläggningen installeras i enlighet med god elsäkerhetsteknisk praxis. Om svensk standard tillämpas som komplement till Elsäkerhetsverkets föreskrifter om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda anses anläggningen vara utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis.

Se även kapitel 3.3 och kapitel 7.2.

3 Nätanslutningen

Elnätet i Sverige är historiskt uppbyggt så att elens väg går från elkraftstationer ut till anslutna elektriska anläggningar, exempelvis bostäder eller industri. I vissa delar av nätet kan elen gå åt båda hållen i ledningarna beroende på hur nätet är utfört och används. När man närmar sig användarna är det dock vanligt att nätet är uppbyggt på ett sådant sätt att elen går i riktning mot de anslutna anläggningarna.

De flesta mikroproduktion- och batterilageranläggningar byggs idag för att anslutas till elnätet. För att kunna ansluta till elnätet finns vissa förutsättningar som anläggningsinnehavaren måste känna till och följa. Alla konsumentkategorier som både kan förbruka och producera elektrisk effekt måste ha både uttagsabonnemang och inmatnings-abonnemang, och samma nätanslutningsregler gäller för elproducenter upp till och med 1500 kilowatt. Det innebär att det i huvudsak inte är någon skillnad på de anläggningstyper vi har definierat i detta projekt som småskaliga respektive storskaliga ur abonnemangs- och nätanslutningsperspektiv⁸⁹.

3.1 Ellagens krav på nätanslutning av energilager

Elmarknadsreformen, avregleringen av den svenska elmarknaden, genomfördes 1996. Vid avregleringen infördes en uppdelning mellan elnätsföretag och elhandelsföretag.

Det är elnätsföretaget som är skyldigt att ansluta en elanläggning till elnätet. När elnätsföretaget ansluter abonnenten till elnätet kan de ta ut en anslutningsavgift, som enligt ellagen ska vara skälig.⁹⁰

Elnätsföretagen agerar på en monopolmarknad som regleras av Energimarknadsinspektionen (Ei). Reglering av elnätsverksamheten innebär att Ei granskar skäligheten i elnätsföretagens avgifter för överföring och anslutning av el. Från år 2012 regleras elnätsföretagens avgifter i förväg.⁹¹

Mellan elhandelsföretagen råder konkurrenssituation.

Användningen av energilager behandlas inte explicit i ellagen men styrs av ellagens krav på legal åtskillnad. Elproducenter och elanvändare kan fritt driva och använda sig av energilager⁹².

⁸⁹ Se 4 kap 10 § ellagen (1997:857) 3 stycket om abonnemangsavgift vid inmatning till elnätet för mikroproducenter.

⁹⁰ <http://www.energimarknadsinspektionen.se/sv/el/Ansluta-till-elnat/>

⁹¹ <http://www.energimarknadsinspektionen.se/sv/el/Elnat-och-natprisreglering/>

⁹² SOU 2014:84 Planera för effekt! - Slutbetänkande från Samordningsrådet för smarta elnät, sid 71.

Enligt 1 kap. 4 § ellagen ([1997:857](#)) avses med nätverksamhet att ställa elektriska starkströmsledningar till förfogande för överföring av el. Till nätverksamhet hör också projektering, byggande och underhåll av ledningar, ställverk och transformatorstationer, anslutning av elektriska anläggningar, mätning och beräkning av överförd effekt och energi samt annan verksamhet som behövs för att överföra el på det elektriska nätet. I begreppet ”annan verksamhet” skulle därmed energilager kunna ingå, vilket betyder att elnätsföretag får använda energilager om det behövs för att driva elnätet⁹³. Av 3 kap. 1 a § ellagen framgår vidare att elnätsföretag inte får bedriva produktion av eller handel med el förutom om produktionen är avsedd att täcka nätförluster, eller sker tillfälligt i syfte att ersätta utebliven el vid elavbrott.

3.2 Avtal med elnätsföretaget

En anmälan till elnätsföretaget bör göras så tidigt som möjligt om man planerar att uppföra en solcellsanläggning eller annan produktionsanläggning för el. Även vid ombyggnation eller andra förändringar på anläggningen bör kontakt med elnätsföretaget tas. Elnätsföretaget behöver ett tidsutrymme för att kunna beskriva de krav som ställs på en anläggning som ska kopplas in på deras nät. Vidare måste elnätsföretaget få tid på sig att genomföra eventuella förändringar i nätet för att kunna hantera producerad överskottsenergi. Om inte elnätsföretaget haft möjlighet att kontrollera att nätet är tillräckligt starkt kan exempelvis en solcellsanläggning störa andra elnätskunder eller ge upphov till dålig elkvalitet. För mer information om vad som är överföring av el med god kvalitet hänvisas till [EIFS 2013:1](#)⁹⁴. Viktigt är dock att anmälan är gjord i rimlig tid innan anläggningen tas i bruk och att skydd mot oönskad önsädrift installerats. Om en anläggning tas i bruk och börjar generera el ut i elnätet kan säkerheten vid arbeten i elnätet äventyras. Delar av nät som enligt tidigare rutiner satts spänningslösa kan nu vara spänningssatta på grund av en okänd inmatning i elnätet. Anslutningen ska utföras av en elinstallatör med rätt behörighet för att få utföra jobbet, alternativt av en yrkesman under överinseende av en installatör med rätt behörighet.

3.3 Anslutning till elnätet

El till en fastighet kommer från elnätet via elnätsägarens servisledning som ansluter till fastighetens elmätare, i villor ofta i ett så kallat. mätarskåp⁹⁵. Från mätarskåpet går normalt en huvudledning till en elcentral (kopplingsutrustning), i större fastigheter vanligen kallad huvudcentral. En central innehåller skydd för elsäkerheten, exempelvis säkringar eller jordfelsbrytare. Den fördelar också elen vidare via olika utgående ledningar till andra centraler eller till anläggningsdelar

⁹³ SOU 2014:84 Planera för effekt! Slutbetänkande från Samordningsrådet för smarta elnät, sid 72.

⁹⁴ Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet.

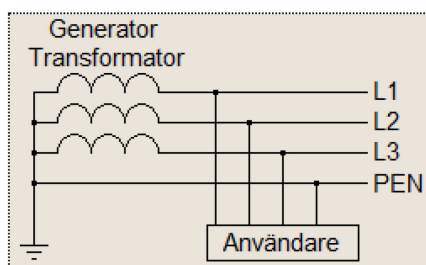
⁹⁵ Ägogräns, starkströmsanläggningens innehavare och elnätsföretagets definition på leveranspunkt är inte nödvändigtvis samma sak.

där elen används. Exempel där elen används är vägguttag, belysning, spisar och kylskåp. Solcellsanläggningar/batterilager och elnätet levererar således energi till dessa anläggningsdelar.

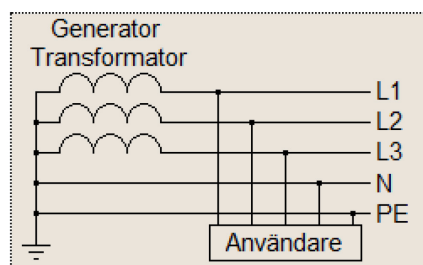
Servisledning och huvudledningar i en fastighet kan systemtekniskt (bland annat systemets jordning och skyddens utformning) vara utförda på olika sätt. I Sverige och en del andra länder är det utfört som ett TN system. TN systemet kan vara utfört antingen som ett TN-C system eller som ett TN-S system. Historiskt har starkströmsanläggningar utförts som TN-C, men under de senaste 20-30 åren förekommer även TN-S utförande för huvudledningar. TN-C kan förenklat sägas vara grundsystemet som kommer från elnätets källa. I anläggningar där el används, exempelvis belysning, vägguttag, kyl/frys etc., finns ett ökat behov av skydd, varför systemet där har övergått till ett TN-S system. TN-S kan kännetecknas bland annat av att det finns en särskild ledning för skyddsjordning. En återgång från TN-S till TN-C är inte tillämpligt då det bland annat kan åsidosätta syftet och skyddet som systemet avses uppnå. Det är inte heller tillåtet enligt gällande standard. Val av energilagringsutrustning påverkas bland annat av vilken typ av system som finns på den aktuella platsen.

Nedan är en förklaring vad de olika systemen innebär:

- TN-C (fyreledarsystem): Nollan och skyddsjord är kombinerade. Har sämre EMC-egenskaper då skyddsjord bär noll-strömmen vilket kan ge upphov till vagabonderande strömmar. Laster så som varmvattenberedare och vattenpumpar riskerar att potentialutjämna via vattenledningar vilket kan innebära att dessa bär elströmmar. Används normalt i distributionsnät.
- TN-S (femledarsystem): Nollan och skyddsjord är separerade. Bättre EMC-egenskaper då jorden är olastad och därmed inte bär störningar. Potentialutjämning sker i skyddsjorden. Används normalt inom fastigheter.



Figur 22: TN-C



Figur 21: TN-S

Mikroproduktionsanläggningar och batterilager är vanligen avsedda att användas i anläggningar där el används, exempelvis bostäder. Generellt sett ska sådana mikroproduktionsanläggningar kunna användas i tre olika driftsformer:

- elnätet matar bostaden med energi
- att bostadens mikroproduktion matar ut överskott till elnätet
- att bostaden kan användas utan matning från elnätet

Beroende på driftsform och systemuppbyggnad medför detta olika utförande på både elnätet och den anslutna elektriska anläggningen i det enskilda fallet.

Hos elnätsföretag finns oro för så kallad oönskad önätsdrift samt att vid anslutna elektriska anläggningar installeras mikroproduktion/batterilager utan att detta meddelats elnätsföretaget och att den anslutna anläggningen inte anpassats för denna drift. Sådana händelser har historiskt inträffat i samband med nätbortfall där tillfällig reservkraft då felaktigt använts. Med oönskad önätsdrift avses att ett antal användaranläggningar där både traditionella förbrukare och användare med exempelvis mikroproduktion/batterilager samverkar, varvid dess skydd inte känner av nätbortfallet hos elnätagaren och därmed inte fränkopplas.

Beroende på det existerande nätets elektrotekniska systemuppbyggnad och aktuellt regelverk för elsäkerhet, kan nämnda driftsformer och risker medföra anpassningar av elnätagarens nät gällande exempelvis skydd, för att elsäkerheten ska kunna vidmakthållas. Även rutiner och arbetsmetoder för service och underhåll hos elnätagaren kan behöva anpassas för de aktuella förhållandena.

Regelverket för utformning av starkströmsanläggningar så att betryggande säkerhet uppnås framgår av gällande ellagstiftning och standard. Detta regelverk är inte fullt ut anpassat för de tre driftsformer som nämnts ovan. Ett arbete pågår för närvarande inom den internationella standardiseringen för anpassa regelverket till dessa nya förutsättningar. Arbetet kan komma att påverka både standarder för elanläggningars utförande för anslutna mikroproduktions/batterilageranläggningar. Elsäkerhetsverket både följer och aktivt deltar i detta arbete.

Utgående gruppledningar från kopplingsutrustningen är inte dimensionerade för att kunna hantera både laster i fastigheten och matning från en solcellsanläggning. Innebörden av det är att man tar väldigt stora risker om man väljer att koppla in en producerande solcellsanläggning via dessa⁹⁶. En solcellsanläggning ska således vara fast ansluten direkt till matningen av kopplingsutrustningen, så kallad grupp-central, på egen gruppledning och inte med stickpropp i vägguttag eller via någon befintlig gruppledning.

⁹⁶ http://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/broschyre/broschyr_vind-solel.pdf

4 Gällande regelverk

Riksdagen har den 28 maj 2016 fattat beslut om att anta en ny elsäkerhetslag som ska gälla från och med den 1 juli 2017. Den nya elsäkerhetslagen innebär en reform av behörighetssystemet för elinstallationsarbete och de delar av ellagen ([1997:857](#)) som reglerar elsäkerhet och skadestånd övergår i den nya elsäkerhetslagen. I elsäkerhetslagen införs också helt nya krav på elinstallationsföretagen. Elmaterialförordningen ([1993:1068](#)) och Starkströmsförordningen ([2009:22](#)) införlivas i det nya regelverket, men det materiella innehållet i dessa förordningar ändras inte. Bilaga 1 innehåller en omvandlingstabell.

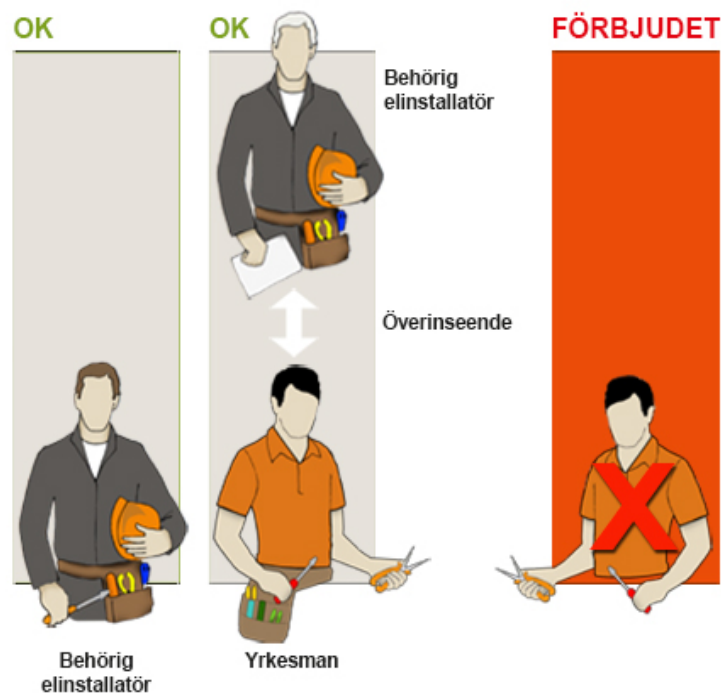
Detta kapitel beskriver det regelverk som idag omfattar små- och storskaliga energilagrar. I rapporten hanterar vi elektrisk materiel⁹⁷, elektriska produkter, elektrisk utrustning eller apparater som producerar eller förbrukar el. Vi har valt att beteckna allt som elektrisk materiel.

Ett batterilager kan köpas som fristående elektrisk materiel eller som en ingående del i en solcells- eller vindkraftsanläggning. Vid anslutning till elnätet blir materielen också en elektrisk anläggning för produktion av el.

4.1 Krav på den som utför elinstallationsarbete

I korthet omfattar elinstallatörsförordningen krav på elinstallationsarbetets utförande och behörighet för de personer som ska utföra starkströmsinstallationer. Elinstallationsarbete får bara utföras av en el-installatör, det vill säga en person som beviljats behörighet av Elsäkerhetsverket, eller av yrkesman under överinseende av elinstallatör.

⁹⁷ Begreppet elektrisk materiel omfattar även komponenter i anläggningar och anordningar.



Figur 23: Vem som får utföra elinstallationsarbete

Under bemyndigandena i elinstallatörsförordningen ([1990:806](#)) finns föreskrifterna [ELSÄK-FS 2013:1](#) (ändrad genom [ELSÄK-FS 2014:2](#) och [ELSÄK-FS 2015:4](#)) som innehåller föreskrifter och allmänna råd om behörighet för elinstallatörer.

Som framgår av föreskrifterna finns flera olika sorters behörighet. För att genomföra de vanligaste typerna av installationer av batterilager krävs vanligen allmän behörighet ABL (eller AB). Det är inte tillräckligt med en begränsad behörighet, som exempelvis BB1.

4.2 Regelverk gällande elektrisk materiel

Ett batterilager kan förvärfas som ett sammansatt elektriskt materiel. Ett batterilager kan också tillverkas för att sättas på marknaden eller för eget bruk. Den som tillverkar, importerar, upplåter, saluför eller överlåter ett batterilager har ansvar för att produkten uppfyller kraven i regelverket för elektrisk materiel. Detta innebär att all elektrisk materiel som finns på marknaden ska uppfylla säkerhetskraven och upprätthålla en viss fastställd elsäkerhetsteknisk praxis.

Vidare ska den som äger eller ansvarar för användningen svara för att den används på ett sätt som inte riskerar säkerheten och att den underhålls på ett bra sätt. Den som använder ett batterilager ska förvissa sig om att det är säkert för användning.

Generella krav för elmateriel

De krav som de flesta elmateriel ska uppfylla för att få sättas på marknaden regleras genom 9 kap. ellagen ([1997:857](#)), i förordningen ([1993:1068](#)) om elektrisk

utrustning samt i Elsäkerhetsverkets föreskrifter ([2016:1](#)) om elektrisk materiel. Avgränsningar som finns i föreskrifter är samma avgränsning som i lågspänningsdirektivet. Det vill säga att elmateriel som har en märkspänning mellan 50 och 1000 volt för växelström och mellan 75 och 1500 volt för likström faller in under föreskrifter. I de fall elmaterielen faller utanför dessa avgränsningar så är de icke harmoniserade och regleras i dagsläget av tidigare nämnd förordning om elektrisk materiel. Vidare så reglerar produktsäkerhetslagen den här typen av elmateriel då materielen är avsett för eller kan komma att användas av konsument. Elmaterielen faller också så gott som alltid in under EMC-direktivet, se kapitel 4.3.

Elsäkerhetsverkets föreskrifter ([2016:1](#)) om elektrisk utrustning implementerar LVD (lågspänningsdirektivet) i svensk lagstiftning. Elektrisk materiel som sätts på den inre gemenskapsmarknaden måste även uppfylla alla andra tillämpliga EU-direktiv för produkten, exempelvis RoHS, WEEE med flera.⁹⁸ För att få en övergripande förståelse för hur EU-direktiven fungerar hänvisar vi till EU-kommissionens vägledning Blå boken.⁹⁹

I kapitel 2.3 beskrivs en typisk solcellsanläggning. Förutom den elektriska materiel som beskrivs där ingår även kablar, säkringar, kontakter och batterier. De mest specifika elektriska materielen i en solcellsanläggning är solcellspanelen, växelriktaren och batterilagret. Nedan redovisas de krav som finns på dessa förutom de ovan beskrivna generella kraven.

Solcellspanelen

Solcellspanelen har ibland en anslutningsspänning som gör att den inte faller in under LVD, vilket innebär att den inte ska vara CE-märkt, såvida den inte omfattas av andra direktiv¹⁰⁰. Solcellspanelen ska ändå uppfylla säkerhetskraven och vara säker att använda enligt den lagstiftning som finns ([1993:1068](#)).

Batterilagret (energilagret)

Batterilagret omfattas normalt av lågspänningsdirektivet och EMC-direktivet. Den ska alltså CE-märkas med avseende på båda dessa direktiv. Det kan finnas en anslutningsspänning som gör att batterilagret inte omfattas av lågspänningsdirektivet, vilket innebär att det inte ska vara CE-märkt, såvida den inte omfattas av andra direktiv.¹⁰⁰

Växelriktaren

Växelriktaren omfattas av lågspänningsdirektivet och EMC-direktivet. Den ska alltså uppfylla kraven och CE-märkas med avseende på båda dessa direktiv.

⁹⁸ Läs mer om befintliga produkt direktiv och ansvariga myndigheter på Marknadskontrollrådets webbplats. <http://www.marknadskontroll.se/produktlagstiftning>

⁹⁹ Blue Guide: <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/12661>, arbete med översättning till svenska pågår.

¹⁰⁰ Troligen omfattas produkten av EMC-direktivet och ska i så fall CE-märkas.

Krav på dokumentation

Bruksanvisningen ska vara skriven på svenska. För alla elektriska och elektroniska apparater som omfattas av elsäkerhets- eller EMC-föreskrifterna måste EU-försäkran upprättas och kunna uppvisas för tillsynsmyndighet. Elektrisk materiel ska genom märkning på materielen eller, om det inte är möjligt, på en medföljande bruksanvisning vara försedd med sådan information som behövs för att säkerställa att materielen används på ett säkert sätt och för avsett ändamål. Tillverkarens eller fabrikkets namn eller varumärke samt typbeteckning ska finnas tydligt markerad på materielen eller, om det inte är möjligt, på förpackningen.

4.3 Elektromagnetisk kompatibilitet

Elektromagnetisk kompatibilitet, med den vedertagna förkortningen EMC som kommer från engelskans ”Electromagnetic Compatibility”, är enkelt uttryckt utrustningars förmåga att fungera tillsammans utan att störa varandra. Energilager förväntas, som all annan utrustning, fungera tillfredsställande i sin elektromagnetiska omgivning.

Utrustningar (både apparater och fasta installationer) omfattas av Elsäkerhetsverkets ([ELSÄK-FS 2016:3](#)) föreskrifter om elektromagnetisk kompatibilitet. Dessa föreskrifter bygger på EMC-förordningen ([2016:363](#)) Det finns också en EMC-lag ([1992:1512](#)). Skyddskravet är desamma för produkter och för fasta installationer som kan sammanfattas enligt följande:

- De elektriska störningar de alstrar överstiger inte en nivå som tillåter radio- och teleutrustning och andra apparater att fungera som avsett.
- De har en tillräckligt inbyggd tålighet mot elektromagnetisk strålning så att de kan fungera som avsett i den miljö de är avsedda för.

Elsäkerhetsverkets ([2016:3](#)) föreskrifter om elektromagnetisk kompatibilitet implementerar EMC-direktivet (direktivet om elektromagnetisk kompatibilitet) i svensk lagstiftning.

Det är troligt att små- respektive storskaliga energilager kommer att hanteras något olika avseende EMC. Skyddskravet, enligt ovan, ska alltid vara uppfyllt men det kan hanteras något olika beroende på om det handlar om en apparat eller fast installation. Notera att en *fast installation* enligt EMC-regelverket har en annan innebörd än *fast ansluten* som är ett vanligt begrepp från elinstallationsvärlden.

EMC – produkt

Det troliga är att främst småskaliga energilager utförs som en komplett produkt som ansluts till solcellerna, om det ingår, och fastighetens elsystem. Men man kan också tänka sig att större anläggningar består av effektmässigt mindre delar som arbetar parallellt. Framtida efterfrågan kommer medföra att färdiga produkter kommer att sättas på marknaden. Dessa ska enligt EMC-regelverket vara CE-

märkta. Med CE-märkningen garanterar tillverkaren, eller dennes representant, att produkten uppfyller EMC-direktivets^{101, 102} skyddskrav. Vanligen har man använt sig av EMC-standarder, harmoniserade mot EMC-direktivet, för att visa att skyddskravet är uppfyllt men det finns också alternativa metoder. EU-kommissionens vägledning Blå boken¹⁰³ beskriver utförligt de olika alternativen. Det kan vara värt att notera att det finns olika EMC-krav beroende på den elektro-magnetiska miljön där produkten ska användas, exempelvis bostadsmiljö eller industrimiljö.

EMC – fast installation

Riktigt stora anläggningar kommer sannolikt vara specialbyggda för sin användning och därmed blir varje enskild anläggning unik. Dessa anses då vara en fast installation enligt EMC-direktivet. Eftersom anläggningen då är avsedd att användas permanent på en i förhand fastställd plats är fri rörlighet inte längre aktuellt, som för vanliga apparater som i princip kan tillhandahållas fritt mellan medlemsstaterna. Den fasta installationen ska därför inte CE-märkas avseende EMC och inte heller ha någon EU-försäkran. Installationen ska dock uppfylla EMC-direktivets skyddskrav och precis som i fallet produkter ska det finnas dokumentation som visar att skyddskravet är uppfyllt. Det arbete som läggs ner på EMC-dokumentationen har man sannolikt tillgodo i form av en installation som inte orsakar några problem för omgivningen och inte drabbas av driftstörningar, kravet ger således ett mervärde.

I den fasta installationen kan det förekomma komponenter, exempelvis styrsystem och växelriktare, som är speciellt tillverkade för en specifik installation. Om sådana inte finns tillgängliga på marknaden som apparat behöver dessa inte vara CE-märkta. Det finns mycket stora friheter för fasta installationer, det är dock viktigt att poängtera att det inte är någon frihet från krav. Direktivets skyddskrav gäller för fasta installationer. För en fast installation har CE-märkningen ersatts med ett dokumentationskrav där det visas hur skyddskravet för aktuell installation uppfylls.

Krav på dokumentation

Eftersom fasta installationer är så olika är det svårt att ge någon rekommendation vad som ska ingå i dokumentationen. Det grundläggande är att man ska ha visat hur skyddskravet är uppfyllt. En analys av grundlägget ska göras, där man granskar förutsättningarna på aktuell plats. Finns något som är känsligt för störningar och finns något som kan tänkas påverka utrustningen är frågeställningar som ska behandlas. Om hela installationen består av CE-märkta delar som valts för aktuell miljö och installerats enligt tillverkarens anvisningar utan avvikelser, kan dokumentationen bli enklare. I ett sådant fall räcker det troligen att spara installationsanvisningarna. Saken kompliceras dock av att en installation består av en mängd delar, ofta betraktade som passiva, som inte är CE-märkta men ändå kan

¹⁰¹ EMC-direktivet (2014/30/EU)

¹⁰² http://ec.europa.eu/growth/sectors/electrical-engineering/emc-directive/index_en.htm

¹⁰³ Blue Guide: <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/12661>, arbete med översättning till svenska pågår.

ha en avsevärd inverkan på slutresultatet. Exempelvis kablar och apparatskåp. Men även utförandet av arbetet kan ha minst lika stor inverkan. Här menar vi förläggning av kablar, placering och val av ingående delar. Här har vi anledningen till att det inte är självklart att något som enbart består av CE-märkta delar uppfyller skyddskravet. Erfarenheter från andra områden, exempelvis frekvensomriktare, har visat att installatörens EMC-kunskaper är avgörande. Det får anses vara värdefullt om produkter konstruerats på så sätt att installationens utförande har liten inverkan på slutresultatet.

Energilager innehåller switchad kraftelektronik i olika former för omvandling mellan lik- och växelspänning. Omvandlingen arbetar normal på relativt låg frekvens, storleksordning kilohertz. Av diverse anledningar blir det så kallade övertoner i stora frekvensområde på högre frekvenser, storleksordning megahertz, som biprodukt till switchprocessen internt. Dessa övertoner riskerar att störa annan utrustning om de tillåts lämna energilagret i någon större omfattning. Rent praktiskt finns det etablerade metoder för att undvika detta, exempelvis skärmning, filtrering och zonindelning, så det behöver inte innebära problem men det förutsätter att konstruktören sätter in sig i ämnet. Mängder av råd finns i litteraturen^{104, 105}.

4.4 Starkströmsanläggningens utförande

När elektrisk materiel installerats blir detta en elektrisk starkströmsanläggning om ström, frekvens eller spänning är av sådan art det kan vara farligt för person eller egendom. Normalt är en starkströmsanläggning ansluten till elnätet. Starkströmsförordningen omfattar föreskrifter som bland annat beskriver innehavarens ansvar för sin starkströmsanläggning, både vad avser utförande och arbete vid densamma, bland annat dess löpande skötsel för drift och underhåll.

I 1 kap 2 § i ellagen definieras elektrisk anläggning som *”en anläggning med däri ingående särskilda föremål för produktion, överföring eller användning av el”*.

En batterilageranläggning ämnat för energilagring är en elektrisk anläggning. Starkströmsförordningen ([2009:22](#)) reglerar i huvudsak starkströmsanläggningar, med vilket avses elektrisk anläggning för sådan spänning, strömstyrka eller frekvens som kan vara farlig för personer eller egendom, se 2 §. De batterilager som avses i denna rapport är starkströmsanläggningar.

Krav på utförandet av anläggningen

Elsäkerhetsverkets föreskrifter för utförande av en starkströmsanläggning är samlade i [ELSÄK-FS 2008:1](#) (ändrad genom [ELSÄK-FS 2010:1](#) och [ELSÄK-FS 2015:3](#)). Föreskrifterna är ramföreskrifter och innehåller i huvudsak få detaljerade tekniska utförandekrav och utgår från det grundläggande kravet att starkströms-

¹⁰⁴ EMC for Product Designers (4th Edition), Tim Williams, ISBN 978-0-75-068170-4

¹⁰⁵ Elektromagnetisk miljö "EMMA" Utgåva 2 Försvarets materielverk M7773-0000750

anläggningar ska vara utförda enligt god elsäkerhetsteknisk praxis. Detaljerade tekniska utförandekrav beskrivs i stället av gällande standarder.

För att nå en god elsäkerhetsteknisk praxis för utförandet av en batterilageranläggning ska tillverkarens anvisningar följas, samt gällande standarder. Exempel på en viktig svensk standard gällande hur starkströmsanläggningar ska vara utförda är SS 436 40 00 utgåva 2.

Vid installationen av batterilageranläggningen ska anläggningsinnehavaren se till att behörig elinstallatör gör arbetet eller har överinseende över det. Det är också viktigt att installatören har god kunskap om EMC-problematiken. Installatörens kunskap om hur man undviker EMC-problem och utför en korrekt installation och kabeldragning är avgörande för att få en fungerande anläggning som inte stör annan utrustning, se föregående avsnitt.

Krav på märkning

I [ELSÄK-FS 2008:2](#) anges hur starkströmsanläggningens varselmärkning ska se ut, se kapitel 7.1 för mer information.

Krav på dokumentation

En anläggning ska dokumenteras enligt 3 kap 8 § [ELSÄK-FS 2008:1](#). Om dokumentationen utförs i enlighet med SS 436 40 00 utgåva 2 anses den uppfylla kraven på dokumentation i föreskrifterna.

För fasta installationer enligt EMC-direktivet finns ett dokumentationskrav där det ska framgå hur installationen uppfyller direktivets skyddskrav. Se kapitel 4.3.

4.5 Skötsel och arbete

Enligt Starkströmsförordningen ([2009:22](#)) ska innehavaren av en starkströmsanläggning fortlöpande kontrollera att anläggningen ger betryggande säkerhet mot person- eller sakskada. Elsäkerhetsverkets föreskrifter för innehavarens kontroll av elektriska starkströmsanläggningar finns samlade i [ELSÄK-FS 2008:3](#) (ändrad genom [ELSÄK-FS 2010:3](#)). Där framgår bland annat att kontrollen ska vara anpassad till anläggningens beskaffenhet, ålder, omgivande miljö och användning. Om en anläggning befinner sig i ett fel eller brister som kan utgöra en omedelbar fara, ska de omgående åtgärdas eller så ska anläggningen eller de felaktiga delarna tas ur bruk och skyddas mot oavsiktlig användning.

Elsäkerhetsverkets föreskrifter om elsäkerhet vid yrkesmässigt arbete på starkströmsanläggningar finns i [ELSÄK-FS 2006:1](#). Vid arbete där det finns elektrisk fara skall säkerhetsåtgärder vidtas enligt god elsäkerhetsteknisk praxis, så att betryggande säkerhet uppnås för dem som deltar i arbetet.

Skötsel och underhåll, men även åldring, kan påverka utrustningars EMC-egenskaper. Vid reparation kan det vara viktigt att använda rätt reservdelar och att montera dessa riktigt. Tillverkarens anvisningar bör ge vägledning om krav på eventuella underhållsåtgärder.

4.6 Översikt över regelverket

Elsäkerhet

Anläggningar för produktion av el regleras bland annat i ellagen ([1997:857](#)). Ellagen innehåller föreskrifter om elektriska anläggningar, om handel med el samt om elsäkerhet.

Kapitel 9 i ellagen är basen för hela det särskilda elsäkerhetsregelverket¹⁰⁶. Kapitellet omfattar skyddsåtgärder, se exempelvis 1-2, 6 och 8 §§ som är relevanta för batterilageranläggningar¹⁰⁷. Detaljföreskrifter som rör elsäkerhet vid utförande och skötsel av batterianläggningar finns framförallt i förordningar och myndighetsföreskrifter meddelade med stöd av 9 kap. 1 § andra stycket ellagen.

Regeringen har med stöd av bemyndigandet i ellagen utfärdat tre förordningar som innehåller tekniska föreskrifter som omfattar batterilager. Dessa är:

- Elinstallatörsförordningen ([1990:806](#))
- Starkströmsförordningen ([2009:22](#))
- Förordning om elektrisk materiel ([1993:1068](#))

Samtliga dessa föreskrifter innehåller bemyndigande till Elsäkerhetsverket att utfärda föreskrifter inom respektive regelområde som är aktuellt för batterilager. Detta har också gjorts, se följande:

- [ELSÄK-FS 2016:1](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter (2016:1) om elektrisk utrustning.
Föreskrifterna innehåller regler som gäller för den som tillverkar, importerar eller säljer elektrisk utrustning. Det finns också krav på hur den elektriska utrustningen ska vara utförd och märkt samt dokumentationskrav.
- [ELSÄK-FS 2013:1](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om behörighet för elinstallatörer ändrad genom [ELSÄK-FS 2014:2](#) och [ELSÄK-FS 2015:4](#).
Föreskrifterna innehåller information om vilka behörighetstyper som finns och vilket elinstallationsarbete behörigheterna omfattar. För att installera ett batterilager krävs någon av behörigheterna AB eller ABL.

¹⁰⁶ Ny Elsäkerhetslag är planerad till 2017-07-01, se prop. 2015/16:163.

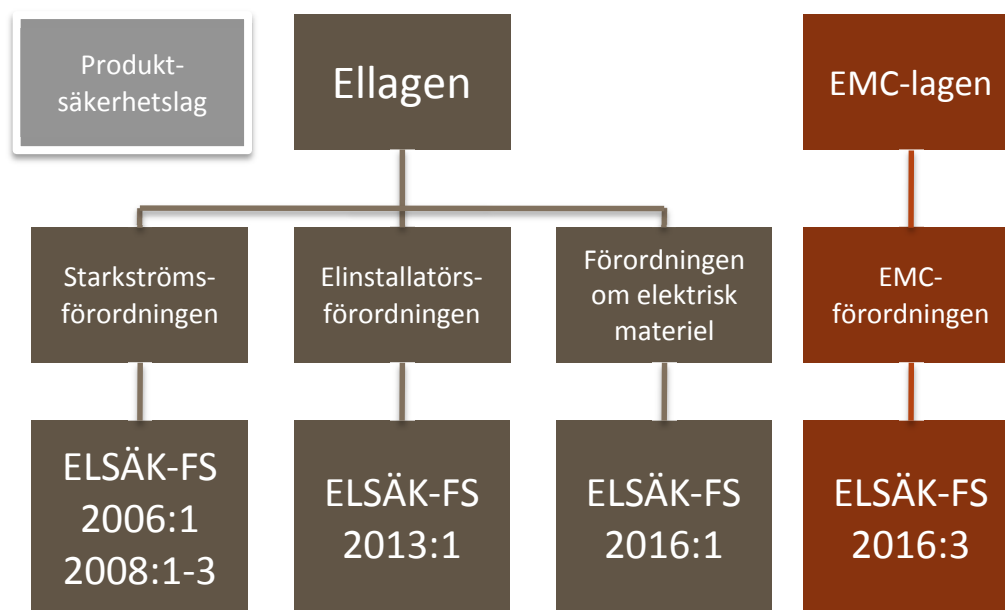
¹⁰⁷ Relevant för denna rapport är också 10 kapitlet som beskriver ansvar för skada genom inverkan av el från starkströmsanläggning, 12 kapitlet som handlar om tillsyn och 13 kapitlet som omfattar övriga bestämmelser och bland annat ansvarsbestämmelser.

- [ELSÄK-FS 2008:3](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om innehavarens kontroll av elektriska starkströmsanläggningar och elektriska anordningar ändrad genom [ELSÄK-FS 2010:3](#).
Föreskrifterna gäller den kontroll som innehavaren av en anläggning fortlöpande ska utföra i syfte att anläggningen ska ge betryggande säkerhet mot person- eller saksador på grund av el.
- [ELSÄK-FS 2008:2](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om varselmärkning vid elektriska starkströmsanläggningar ändrad genom [ELSÄK-FS 2010:2](#).
Föreskrifterna innehåller krav på märkning som varnar eller ger information med hänsyn till risk för person- eller sakskada på grund av el. För ett batterilager är det viktigt att varna om risken för dubbelmatning.
- [ELSÄK-FS 2008:1](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda ändrad genom [ELSÄK-FS 2010:1](#) och [ELSÄK-FS 2015:3](#).
Föreskrifter för utförande av en starkströmsanläggning, exempelvis ett batterilager. Föreskrifterna är ramföreskrifter och innehåller i huvudsak få detaljerade tekniska utförandekrav och utgår från det grundläggande kravet att starkströmsanläggningar ska vara utförda enligt god elsäkerhetsteknisk praxis.
- [ELSÄK-FS 2006:1](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter om allmänna råd om elsäkerhet vid arbete i yrkesmässig verksamhet.
Föreskrifterna innehåller krav för att arbetet ska ske på ett elsäkert sätt med tanke på elektrisk fara för dem som deltar i arbetet.

Elektromagnetisk kompatibilitet

Förordning om elektromagnetisk kompatibilitet ([2016:363](#)). Denna förordning innehåller bemyndigande till Elsäkerhetsverket att utfärda föreskrifter inom regelområdet. Detta har också gjorts, se följande:

- [ELSÄK-FS 2016:3](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter om elektromagnetisk kompatibilitet.
- [ELSÄK-FS 2016:4](#) Elsäkerhetsverkets föreskrifter om ändring i Elsäkerhetsverkets föreskrifter ([2016:3](#)) om elektromagnetisk kompatibilitet.



Figur 24: Översiktsbild på relevanta författningar i elsäkerhetsregelverket

4.7 Kort om andra regelverk

Det finns även annan reglering och avtal utöver det som omfattas av ellagen och EMC-lagen som är viktiga att känna till vid en installation av en batterilageranläggning. Utan att hävda att vi här redovisar alla så vill vi nämna följande.

Bygglövsplikt

Vissa batterilageranläggningar kräver bygglov beroende på om de uppförs som egen byggnad eller installeras i befintlig byggnad. Batterilager som installeras i befintlig byggnad kan vara en ingående del i en solcellsanläggningar och även dessa kan kräva bygglov beroende på hur de utförs. Kommunen där anläggningen ska uppföras bör därför tidigt kontaktas för att kontrollera vad som gäller.

Återvinning

För det avslutande livscykelstadiet gäller återvinning enligt direktiv 2006/66/EC om batterier och den svenska förordningen (2008:834) om producentansvar för batterier, där producenten (den som sätter batteriet på marknaden första gången) är ansvarig för att batterierna återvinns. För batteripack från fordonsindustrin har fordonsindustrin fullgjort sitt producentansvar när batteripacken lämnats för återvinning och återvunnits. Återvinning kan ske bland annat genom förberedelse för återanvändning, vilket innebär att batteriet efter exempelvis kontroll och rengöring kan återanvändas.

Hur producentansvar skall hanteras vid återanvändning av batteripack från fordonsindustrin (second-life) är inte helt klarlagt. Arbete pågår inom Naturvårdsverket för att klargöra detta.

Naturvårdsverket handhar EEB-registret¹⁰⁸ där rapportering av tillhandahållen, insamlad och behandlad mängd batterier registreras.

Transport av farligt gods

Tillståndsansökan kan i vissa fall krävas vid transport av uttjänta litiumjonbatterier. MSB som är statens transportmyndighet för transport av farligt gods på väg och järnväg handhar ansökningar och ställer villkor¹⁰⁹ för transport av farligt gods.¹¹⁰

Frivillig certifiering för installatörer av förnybar energi

Det finns en certifiering för installatörer av förnybar energi som idag inte innefattar energilager. Certifieringen syftar till att bidra till kvalitetsmässigt och miljömässigt bra installationer av vissa värmesystem samt öka användningen av förnybar energi i småhus, mindre lokaler och mindre flerbostadshus. Denna certifiering ska inte förväxlas med behörighet för elinstallatörer. Se Bilaga 4: Angränsande områden.

Hälsoaspekter av elektromagnetiska fält (EMF)

Ett helt annat regelverk. Det finns bland annat ett EU-råd för att skydda allmänheten från onödig exponering (1995/519/EG) som tillhör Strålsäkerhetsmyndigheten ([SSMFS 2008:18](#)). Ett EU-direktiv finns för att skydda arbetstagare (2013/35/EU) och hanteras av Arbetsmiljöverket och gäller i de fall anläggningen är en arbetsplats, vilket storskaliga anläggningar troligtvis kommer att vara.

¹⁰⁸ EE & Batteriregistret, <http://eeb.naturvardsverket.se/>

¹⁰⁹ Dangerous Goods by Rail (RID) and by Road (ADR)

¹¹⁰ <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Transport-av-farligt-gods/Myndighetsansvar-for-transport-av-farligt-gods/>

5 Standardiseringen

Elsäkerhetsverkets föreskrifter är till stor del ramföreskrifter och anger i huvudsak inte några detaljerade tekniska utförandekrav utan utgår från det grundläggande kravet att starkströmsanläggningar ska vara utförda enligt god elsäkerhetsteknisk praxis. Detaljerade tekniska utförande krav beskrivs istället i gällande svensk standard och i tillverkarens anvisningar. Om svensk standard tillämpas som komplement till Elsäkerhetsverkets föreskrifter om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda anses starkströmsanläggningen vara utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis om inget annat visats. Detta beskrivs ofta även som att svensk standard ges presumtion om överensstämmelse med god elsäkerhetsteknisk praxis. Därför är gällande standarder och arbetet kring standarder viktigt för att säkerställa elsäkerheten. I Sverige är det SEK Svensk Elstandard¹¹¹ som är det erkända standardiseringsorganet gällande det elektrotekniska området. SEK är dessutom national-kommittémedlem inom den internationella standardiseringen. Elsäkerhetsverket deltar aktivt i arbetet på såväl nationell som internationell nivå. Arbetet är inriktat på områden som är grundläggande för elsäkerheten.

Nedan görs ett försök att lista berörda tekniska kommittéer och intressanta standarder som kan ha bäring på en batterilageranläggning, men utvecklingen inom vissa delar av området går mycket snabbt och både kommittéer och standarder kan tillkomma. Vald design, systemering, etcetera påverkar dessutom vilka standarder som är applicerbara. Denna lista utger sig därför inte för att vara heltäckande eller komplett, men kan ge bra initial guidning.

Om man söker standarder får man vända sig till SEK Svensk Elstandard. Aktiva i branschen kan med fördel engagera sig i standardiseringsarbete för att vara med och påverka utvecklingen.

¹¹¹ SEK <http://www.elstandard.se/>

5.1 Standarder för tillverkning, provning, utförande och skötsel

Standarder kan vara svenska, europeiska, harmoniserade eller internationella. Det är de tekniska kommittéernas uppgift att utarbeta standarder och detta sker på dessa olika nivåer. Huvudsakligen sker utarbetande av ny standard på internationell nivå. En svensk standard är därför normalt en internationell standard som överförs till svensk standard genom ikraftsättande av SEK Svensk Elstandard. Nedan är de svenska tekniska kommittéerna listade som har beröring med batterilageranläggningar. På de ställen i underkapitlet där svenska standarder saknas ligger även referenser till europeiska och internationella standarder med.

- TK 8 Elenergiförsörjningssystem
- TK 21 Laddningsbara batterier
- TK 21A Laddningsbara alkaliska batterier
- TK 22 Strömriktare
- TK 35 Torrbatterier
- TK 57 Styrning av kraftsystem och tillhörande kommunikation
- TK 64 Elinstallationer för lågspänning samt skydd mot elchock
- TK 65 Industriell processtyrning
- TK 78 Säkerhet vid arbete - metoder, verktyg och materiel
- TK 82 Direktomvandling av solenergi till elenergi
- TK 99 Högspänningsställverk
- TK 109 Isolationsnivå för elektriska anläggningsdelar med märkspänning under 1000 V
- TK 120 Elektriska energilagersystem
- TK EMC Elektromagnetisk kompatibilitet

5.1.1 Harmoniserade standarder

En harmoniserad standard är en europeisk standard som tagits fram av en erkänd europeisk standardiseringsorganisation efter förfrågan av Europeiska kommissionen. En europeisk standard blir efter offentliggörande i den Europeiska unionens officiella tidning (official journal) en harmoniserad standard. Detta innebär att standarden ges presumtion till överensstämmelse, helt eller i delar, med de väsentliga kraven i de delar av unionens harmoniseringslagstiftning som är tillämpliga, exempelvis de väsentliga krav som ska mötas enligt lågspänningsdirektivet för elektrisk materiel. Standarder som inte offentliggjorts i Europeiska

unionens officiella tidning, eller behandlar område som inte innefattas av unionens harmoniseringslagstiftning, utgör inte en harmoniserad standard.

5.1.2 TK 8

Under TK 8:s ansvarsområde finns en standard som gäller småskaliga batteri-anläggningar, SS-EN 50438 Fordringar mindre generatoranläggningar för anslutning i paralleldrif med elnätet. Standarden är mycket väsentlig eftersom den bland annat anger bortkopplingskriterier för lokal produktion i samband med att det anslutna elnätet blir spänningslöst. För storskaliga anläggningar gäller SS-EN 50160 Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution.

Standarder av intresse:

- SS-EN 50438, utg 2:2014 Fordringar på mindre generatoranläggningar för anslutning i paralleldrif med det allmänna elnätet
- SS-EN 50160, utg 4:2011 Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution

5.1.3 TK 21/21A

Standarder för laddningsbara celler och batterier respektive laddningsbara celler och batterier med alkaliska eller annan icke syrabaserad elektrolyt. Det finns en mängd relevanta generella standarder för olika batterityper, samt specifika standarder för just stationära batterilager. Standarderna listade nedan är relevanta men giltigheten är beroende på vald batterikemi.

Kommande standarder som är av intresse (vissa fortfarande i definitionsfas):

- IEC 62485-5 Ed. 1.0 Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 5: Lithium-ion batteries for stationary applications
Säkerhetsaspekter gällande installation, drift, inspektion, underhåll och bortskaffande av litium-jonbatterier för stationärt bruk.
- IEC 62619 Ed. 1.0 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications

Kommande paraplystandard för stationära batterilager.

- PNW 21A-597 Ed. 1.0 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries for use in electrical energy storage systems

Krav och provmetoder för säker drift, installation och underhåll av litiumceller/batterier.

- IEC 62932-2-2 Ed. 1.0 Flow Battery Systems for Stationary applications - Part 2-2 Safety requirements

Omfattar flödesbatterier så som vanadium-redox.

Befintliga standarder som är av intresse:

- SS-EN 50272-2, utg 1:2001 Laddningsbara batterier och batterianläggningar – Säkerhet – Del 2: Stationära batterier

Omfattar bly- och nickel-kadmiumbatterier.

- IEC 62485-1:2015 Edition 1.0 (2015-04-15) Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 1: General safety information

Omfattar bly- och nickel-kadmiumbatterier men kan även omfatta andra batterityper med vattenhaltig elektrolyt.

- IEC 62485-2:2010 Edition 1.0 (2010-06-16) Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 2: Stationary batteries

Omfattar bly-, nickel-kadmium- och nickel-metallhybridbatterier.

- SS-EN 61427-2, utg 1:201X Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 2: On-grid applications

Omfattar alla batterityper.

Standarder som kan vara av intresse:

- SS-EN 60622, utg 2:2003 Laddningsbara alkaliska batterier – Slutna, prismatiska nickel-kadmiumceller – Allmänna fordringar och provningsmetoder (IEC 60622)
- SS-EN 60623, utg 2:2002 Laddningsbara alkaliska batterier – Öppna, prismatiska nickel-kadmiumceller – Allmänna fordringar och provningsmetoder (IEC 60623)
- SS-EN 60896-11, utg 1:2003 Blybatterier för stationär användning – Del 11: Öppna typer – Allmänna fordringar och provningsmetoder
- SS-EN 62133, utg 2:2013 Laddningsbara alkaliska batterier - Säkerhetsfordringar på bärbara slutna alkaliska laddningsbara celler och batterier för bärbara tillämpningar

Omfattar batterier för portabla applikationer, men kan i vissa delar användas även för stationära batterier där annan standard saknas.

- SS-EN 62259, utg 1:2004 Laddningsbara alkaliska celler och batterier – Prismatiska laddningsbara nickelkadmiumceller med partiell gasrekombination
- SS-EN 62620, utg 1:2015 Laddningsbara alkaliska celler och batterier - Litiumceller och litiumbatterier för industritillämpningar

Gäller ej om applikationsspecifik standard finns.

Teknisk rapport:

- IEC/TS 61438:1996 Possible safety and health hazards in the use of alkaline secondary cells and batteries – Guide to equipment manufacturers and users

5.1.4 TK 22

Standarder för system, utrustning och ingående komponenter på kraftelektronik som används till omriktning, omkoppling och dess styrning.

Standarder som kan vara av intresse:

- SS-EN 50178, utg 1:1997 Elektronikutrustning, inklusive kraftelektronik, i elektriska starkströmsinstallationer
- IEC 62103:2003, Electronic equipment for use in power installations
- SS-EN 62477-1, utg 1:2012 Säkerhetsfordringar på utrustning och system med halvledarströmriktare - Del 1: Allmänt

Tillägg A11 krävs efter 2017-07-18.

- IEC 62477-2:201x Safety requirements for power semiconductor converter systems part 2: Power Electronic Converters from 1000 V a.c. or 1500 V d.c. up to 35 kV a.c.

LVD gäller för produkter under 1000 volt AC. eller 1500 volt DC

5.1.5 TK 35

Utarbetar internationella standarder för primärceller och primärbatterier. Särskilt sådana standarder som behandlar specifikationer, mått, prestanda eller ger vägledning i frågor som rör säkerhet.

Standarder som kan vara av intresse:

- SS-EN 60086-4, utg 4:2015 Säkerhetsfordringar litiumbatterier
- SS-EN 62281, utg 2:2013 Litiumceller och litiumbatterier - Säkerhet vid transport

5.1.6 TK 57

Standarder för utrustning och system för styrning av kraftsystem, inklusive EMS, SCADA, distansskydd och rundstyrning, för planering, drift och underhåll av kraftsystem. I det ingår system för styrning inom kontrollrum, ställverk och enskilda kraftstationer liksom utrustning, gränssnitt och system för fjärrstyrning och automation. De särskilda förhållanden som kommer att råda i Smarta elnät hanteras av kommittén.

Standarder som kan vara intresse:

- SS-EN 60870 Utrustning för fjärrstyrning.
- SS-EN 61850 System och nät för kommunikation i stationer och ställverk.

5.1.7 TK 64

Standarder utgivna av TK 64 är framför allt de så kallade Elinstallationsreglerna SS 436 40 00 utgåva 2, som omfattar utförande av alla elinstallationer med nominell spänning upp till och med 1000 volt växelspanning eller 1500 volt likspänning.

Mot bakgrund av den snabba framväxten av bland annat mikroproduktion och lagring har flera projekt med nya standarder påbörjats internationellt, bland annat för att hantera de nya säkerhetsfrågor som uppstår i samband med detta. Flera av dessa projekt är samarbeten mellan internationella tekniska kommittéer, eftersom området spänner över flera tekniska områden.

Standarder som är av intresse:

- SS-EN 61727, utg 1:1996 Solkraftverk - Anslutning till elnätet
- SS 437 01 02, utg 1:2014 Elinstallationer för lågspänning - Vägledning för anslutning, mätning, placering och montage av el- och teleinstallationer

5.1.8 TK 65

Standarder för industriell processtyrning. Behandlar system, komponenter, systemaspekter, driftsvillkor, metoder för systembedömning, funktionssäkerhet etcetera.

Standarder som kan vara av intresse:

- SS-EN 61010-2-201, utg 1:2013, Elektrisk utrustning för mätning, styrning och för laboratorieändamål - Säkerhet - Del 2-201: Särskilda fordringar på styr- och reglerutrustning
- SS-EN 61326-1, utg 3:2013, Elektrisk utrustning för mätning, styrning och för laboratorieändamål - EMC-fordringar - Del 1: Allmänna fordringar

- SS-EN 61508-1, utg 2:2011 Säkerhetsfordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska systems funktion - Del 1: Allmänna fordringar
- SS-EN 61508-2:2011 Säkerhetsfordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska systems funktion - Del 2: Fordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska system
- SS- EN 61508-3:2011 Säkerhetsfordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska systems funktion - Del 3: Fordringar på programvara
- EN 61508-4:2011 Säkerhetsfordringar på elektriska, elektroniska och programmerbara elektroniska säkerhetskritiska systems funktion - Del 4: Definitioner och förkortningar
- SS-EN 61511-1, utg 1:2005 Funktionssäkerhet - Säkerhetskritiska system för processindustrin - Del 1: Allmänt, definitioner samt fordringar på system, maskinvara och programvara
- SS-EN 61511-2, utg 1:2005 Funktionssäkerhet - Säkerhetskritiska system för processindustrin - Del 2: Vägledning vid tillämpning av IEC 61511-1
- SS-EN 61511-3, utg 1:2005 Funktionssäkerhet - Säkerhetskritiska system för processindustrin - Del 3: Vägledning vid bestämning av erforderliga säkerhetsnivåer (SIL)

5.1.9 TK 78

Standarder för verktyg, utrustning och anordningar för användning med spänning, inklusive prestandaforordningar och anvisningar för vård och underhåll, samt tekniska publikationer för användning av verktyg, utrustning och anordningar på och i närheten av spänningsförande delar av elinstallationer och elnät.

Standard som är av intresse:

- SS-EN 50110-1 Skötsel av elektriska anläggningar - Del 1: Allmänna fordringar

5.1.10 TK 82

Standarder för system för direktomvandling av solenergi till elenergi och för alla delar av dessa, från det infallande ljuset till anslutningen till det matade elnätet. Området innehåller en stor mängd standarder, för många för att listas här, men nedan listas några standarder som mer än övriga berör säkerhet.

- SS-EN 62109-1, utg 1:2010 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements

- SS-EN 62109-2, utg:2012 Omformare för solcellsanläggningar - Säkerhet - Del 2: Särskilda fordringar på växelriktare
- SS-EN 62116, utg 2:2014 Solcellsanläggningar - Provning av anordningar för förhindrande av ödrift
- SS-EN 61727, utg 1:1996, Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface

5.1.11 TK 99

IEC TC 99 och CENELEC TC 99X utarbetar regler särskilt avseende säkerhet för högspänningsanläggningar gällande generering, överföring, distribution och användning av el, såväl inomhus som utomhus. Standarderna innehåller fordringar på anläggningarna och anvisningar för val och installation av elutrustning, så att säkerhet och korrekt drift säkerställs. Standarderna behandlar inte kraftledningar eller fabrikstillverkad och typprobad utrustning.

Standarder som är av intresse:

- SS-EN 61936-1 Starkströmsanläggningar med nominell spänning överstigande 1 kV AC
- SS-EN 50522 Starkströmsanläggningar med nominell spänning överstigande 1 kV AC - Jordning

5.1.12 TK 109

Standarder för isolationskoordination för tillämpning i all lågspänningsutrustning, inklusive dimensionering av luft- och krypavstånd och fordringar på fast isolering, samt tillhörande provningsmetoder.

Standard som kan vara av intresse:

- SS-EN 60664-1, utg 2:2007 Isolationsnivå för elektriska anläggningsdelar och utrustningar i lågspänningssystem - Del 1: Principer, fordringar och provning

5.1.13 TK 120

Nybildad teknisk kommitté inom som ska utarbeta standarder kring energilagring i smarta elnät. Inom det elektrokemiska området ingår sekundära batterier så som bly-syra, nickel-kadmium, nickel-metalhybrid, litium och natrium-svavel samt flödesbatterier i form av redox- och hybridflöden.

Kommande standarder som är av intresse (prel. release i slutet av 2017):

- IEC 62933-1 Ed. 1.0 Electrical energy storage (EES) systems – Terminology
Terminologistandard som håller termer och definitioner enhetliga.

- IEC 62933-2 Ed. 1.0 Electric Energy Storage (EES) systems - Unit parameters and testing methods of electrical energy storage (EES) system
Hanterar parametrar och testmetoder för energilagarsystem.
- IEC 62933-3 Ed. 1.0 Planning and installation of electrical energy storage systems
Vägledning för planering och installation av energilagarsystem.
- IEC/TS 62933-5 Ed. 1.0 Safety considerations related to the integrated electrical energy storage (EES) systems
Hanterar säkerhetsaspekter för energilagarsystem.
- PNW 120-72 Ed. 1.0 Safety considerations related to the integrated electrical energy storage (EES) systems – Batteries
Hanterar säkerhetsaspekter för batterier i ett energilagarsystem.

5.1.14 TK EMC

TK EMC jobbar med ett större antal standarder inom EMC. Av alla dessa är det framförallt standarderna i serien SS-EN 61000 som kan beröra komponenterna i energilagrar. De generella standarderna för immunitet och emission:

- 61000-6-1 immunitet bostäder, kontor, butiker mm
- 61000-6-2 immunitet industri
- 61000-6-3 emission bostäder, kontor, butiker mm
- 61000-6-4 emission industri

Normalt används en produktstandard som är harmoniserad mot EMC-direktivet för att visa att direktivets så kallade skydds krav är uppfyllt. För tillfället finns ingen specifik produktstandard för just batterilagrar. I sådana fall använder man vanligtvis ovan nämnda generella standarder. Produktstandarder har, om de finns, företräde framför generell standard. Det pågår standardiseringsarbete avseende emissionsstandard för växelriktare till solceller, den kan troligtvis bli tillämpbar för småskaliga batterilagrar med solceller. Det är också fullt möjligt att det kan komma produktstandarder för batterilagrar.

Produkt- och generella standarder hänvisar vidare till andra standarder som beskriver hur enskilda mätmetoder ska utföras.

Inom IEC¹¹² finns två tekniska kommittéer som arbetar med EMC, TC 77¹¹³ och CISPR¹¹⁴. För TC 77 finns tre undergrupper där SC 77A och SC 77B är av intresse

¹¹² [International Electrotechnical Commission](http://www.iec.ch/emc/iec_emc/iec_emc_players_tc77.htm)

¹¹³ http://www.iec.ch/emc/iec_emc/iec_emc_players_tc77.htm

¹¹⁴ http://www.iec.ch/emc/iec_emc/iec_emc_players_cispr.htm

här. A-delen hanterar elkvalitetsrelaterade standarder i det lägre frekvensområdet. B-delen hanterar det högre frekvensområdet och fenomen som elektrostatisk urladdning (ESD) och ledningsbunden samt påstrålad tålighet. CISPR, som har en historia som går tillbaka till 30-talet, arbetar med provmetoder och nivåer för att skydda radio från störningar.

Inom EU är det TC 210 hos CENELEC¹¹⁵ som har mandat från EU-kommissionen att ta fram standarder som är harmoniserade mot EMC-direktivet. Det är dessa standarder som vanligen används för att visa att direktivets skyddskrav är uppfyllt, en lista¹¹⁶ finns på EU-kommissionens hemsida.

¹¹⁵ <https://www.cenelec.eu/>

¹¹⁶ http://ec.europa.eu/growth/sectors/electrical-engineering/emc-directive/index_en.htm

6 Analys och slutsatser av risker

Detta kapitel syftar till att analysera risker och svara på om dessa är omhändertagna av gällande regelverk och standardisering.

6.1 Batterikemi

Batterikemi är inget statiskt område. Forskning och kommersialisering pågår ständigt för att få fram nya kemier med bättre egenskaper. Gemensamt för alla dessa kemier är risk för elchock, men med viss skillnad på spänningsnivå vid transport och återvinning (kompleta batteripack eller enskilda battericeller). Det som främst skiljer dem åt är stabiliteten (elektrolyt samt anod- och katodmaterial) och således risken för elbrand. Sen tillkommer en mängd olika egenskaper som inte relaterar till elsäkerhet (energieffektivitet, nyttjandekostnad, vikt, etcetera) som endast kortfattat nämnts i denna rapport.

- Risk för elchock föreligger vid transport, installation, idrifttagande, service och underhåll, samt nedmontering och återvinning. Eftersom risken inte är beroende av batterikemin finns regelverk och standarder för att hantera detta.
- Risken för elbrand är kritisk för litium-jon, då denna batterikemi är instabil och riskerar kortslutas internt vid överladdning. Risken hanteras i gällande och kommande standarder för både batterikemin och styrelektroniken. Hänvisning görs också till standard för säkerhetskritiska system med metodik för att säkerställa funktionsintegritet. Se kapitel 7.2.
- Även om litium-jon är en instabil batterikemi är tillförlitligheten idag hög mycket tack vare utveckling av elektrodmaterialen inom litium-jonfamiljen. Man har även interna skydd som ska passivisera cellen vid olika felfall (exempelvis strömreduktion vid 125 grader Celsius med PTC, elektrokemisk barriär vid cirka 135 grader Celsius med säkerhetsseparator, strömbrytare vid cirka 10 bar med CID). Felutfallet uppskattas idag till cirka 1 per 40 miljoner celler¹¹⁷.

Värt att notera är att ett batterilager av litium-jon under sin livstid endast lagrar cirka tio gånger den energi som det krävs för att tillverka dem, bly-syra förmår endast nå cirka två gånger medan pumpkraft klarar cirka 210 gånger¹¹⁸. Men då siffrorna för batterilager baserar sig på djupurladdning kan man enkelt förbättra dessa genom lägre cyklingsgrad, dessutom händer mycket inom det elektrokemiska

¹¹⁷ J. Dahn and G. M. Erlich, "Lithium-Ion Batteries," s. 26, Linden's Handbook of Batteries, 4th edition, T. B. Reddy, Ed., McGraw Hill, 2011.

¹¹⁸ Charles J. Barnhart, Sally M. Benson, Stanford University, Energy Environmental Science, 2013, 6, 1083-1092

forsknings-området men pumpkraft kommer fortsätta vara det energieffektivaste alternativet under en överskådlig tid.

6.2 Batterilageranläggningar

Elsäkerhetsverket har valt att basera gränsdragningen mellan små- och storskaliga energilager på SS-EN 50438, utg 2:2014, se kapitel 2.2. Denna standard gäller för mindre generatoranläggningar, anslutna i parallell drift med det allmänna elnätet. Standardens begränsning på nominell strömstyrka 16 ampere innebär att många småhus som vill installera ett batterilager hamnar i definitionen för storskaliga anläggningar där SS-EN 50160, utg 4:2011 gäller.

Lämpligen borde SS-EN 50438 innefatta batterianläggningar för småhus med större effektbehov, se kapitel 7.1.

Elchock och elbrand.

I ett småskaligt batterilager finns risk för tillträde av lekmän och/eller barn och man bör också ta hänsyn till närheten till bostadshus och privat egendom. Ett sådant batterilager kan lagra ansevärd mängd energi, detta bör man betänka vid installation i bostadshus. I ett storskaligt batterilager utförd som en fast installation¹¹⁹ kan risken för tillträde av obehöriga anses liten. Effekterna som anläggningen hanterar kan vara väsentligt större än det för ett småskaligt batterilager och ogenomtänkt kabeldragning eller felaktig avskärmning kan orsaka betydligt kraftigare elektromagnetiska fält.

- Risk för elchock hanteras genom installation enligt gällande regelverk, starkströmsföreskrifterna, samt att den elektrisk materiel som används uppfyller gällande krav så som isolation och skydd mot oönskad önsädrift.
- Risken för elbrand hanteras på likande sätt, genom installation enligt gällande regelverk, starkströmsföreskrifterna. Här tillkommer dock standarder för stationära batterier gällande ventilation för hantering av giftiga och brännbara gaser som kan uppstå vid överladdning. För ett småskaligt batterilager som nyttjar återanvända batterier (second-life) från fordonsindustrin bör även åldringsaspekten belysas - riskerna för felfall ökar med åldern på batteriet. Därför bör tillverkare av batterilager eller företag som förbehandlar batterierna noga kontrollera och dokumentera batteripackens status och hälsa. I kontrollen kan data ingå så som internt tryck, inre resistans, kapacitet och batteripackets historik. Uppfyller inte batteripacket företagets krav för att återanvändas som batterilager bör det skickas till materialåtervinning.

EMC, Elektromagnetisk kompatibilitet.

Tekniken i sig är egentligen inte ny, switchad kraftelektronik är sedan länge etablerad i andra sammanhang (kraftförsörjning, frekvensomriktare och inte minst

¹¹⁹ Fast installation enligt EMC-direktivet.

växelriktare för solcellsanläggningar). På grund av arbetssättet internt finns dock risk för EMC-problem men det får anses vara känt och går också att hantera med etablerade EMC-metoder (skärmning, filtrering och zonindelning) och det finns därför ingen anledning att tro att energilagret kommer att innebära oöverstigliga problem avseende EMC. Det är dock viktigt att tänka på i ett tidigt stadium. För CE-märkta produkter ska tillverkaren ha tänkt på detta vid konstruktionen och ge anvisningar för installation och användning. För fasta installationer ska EMC-dokumentation tas fram, den ersätter CE-märkning.

Även energilagrets tålighet bör beaktas för att slippa onödiga driftstopp eller i värsta fall skador.

- Småskalig anläggning
Närhet till andra utrustningar, inklusive olika former av radiomottagning, medför att avgiven störnivå bör begränsas. Krav för detta finns i regelverket för CE-märkning av produkter.
- Storskalig anläggning
Dessa anläggningar kommer sannolikt inte att vara placerade i omedelbar närhet till känsliga utrustningar men man kan inte helt bortse från det. Här finns möjligheter att anpassa installationen efter förutsättningarna på aktuell plats, vilket ska dokumenteras. Större anläggningar kan tänkas ha funktioner för att förbättra elkvaliteten.
- EMC-kraven kan komma att skilja sig avsevärt beroende på var anläggningen är placerad. Det finns skillnader i krav för bostadsmiljö och industrimiljö, se Bilaga 2: Fördjupning inom EMC.

6.3 Växelriktare

Under 2014 genomfördes en gemensam studie med titeln *”Solar Panel Inverters (Grid connected PV inverters and optimisers to be used by consumers)”* av 14 EU-länder. I denna studie undersöktes 55 slumpmässigt utvalda växelriktare på den europeiska marknaden i syfte att se om de uppfyllde de harmoniserade standarderna gällande emission av elektromagnetiska störningar¹²⁰. De administrativa kraven kontrollerades också. Resultatet var väldigt nedslående. Det var enbart 9 procent (5 av de 55) av de testade produkterna som uppfyllde både de tekniska och de administrativa kraven.

- Risken för att växelriktare som inte uppfyller skyddskraven når marknaden hanteras främst genom marknadskontroll. Det hanteras också genom standardiseringen där arbete pågår för att förbättra standarderna och göra dem mer lättanvända.

¹²⁰ <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/8064/attachments/1/translations/en/renditions/native>

7 Analys av regelverk och standarder

Detta kapitel syftar till att analysera identifierade brister i regelverk och standardisering och ge rekommendationer på hur dessa brister skall omhändertas.

7.1 Regelverket

Regelverk för batterilager innefattas av de allmänna regelverk som finns, så som starkströmsföreskrifterna, LVD och EMC.

Det är av största vikt, både ur elsäkerhets- och EMC-aspekt, att tillverkarna ser till att en lättfattlig och tydlig installations- och bruksanvisning följer med batterilaget. Utöver produktspecifika krav, så som övervakning av temperatur, strömmar och spänningar för battericellerna, så är korrekt installation en förutsättning för en elsäker anläggning. Detta är också ett tydligt lagkrav i Elsäkerhetsverkets föreskrifter ([2016:1](#)) om elektrisk utrustning samt i Elsäkerhetsverkets föreskrifter ([2016:3](#)) om elektromagnetisk kompatibilitet.

Räddningstjänsten ser en risk med batterilager, som är likvärdig med risker kring solcellspaneler och har identifierat ett behov av väl specificerad dokumentation, skyltning och varsel-märkning av anläggningen.

Elsäkerhetsverket gör bedömningen att:

- Ellagen, starkströmsförordningen, elinstallatörsförordningen och Elsäkerhetsverkets utförandeföreskrifter utgör tillräckliga krav, men varselmärkningsbehovet pekar på en brist i [ELSÄK-FS 2008:2](#) då 12 § i föreskrifter inte omfattar batterilager. Anläggningar med batterilager måste märkas så att det tydligt framgår att anläggningen är dubbelmatad, att det finns två spänningsmatningar i anläggningen. Detta ligger i Elsäkerhetsverkets regelgivningsplan.
- Det finns inget behov att i dagsläget förändra lagstiftningen kring EMC, det vill säga lag, förordning eller föreskrifter för EMC.

7.2 Standardiseringen

Standardiseringen inom området ligger efter, en ny teknisk standardiseringskommitté har bildats (TK 120) och flera tekniska kommittéer har standarder under utveckling som berör olika delar av området. Då vissa av dessa standarder dröjer kan det vara rimligt att under en övergångsperiod nyttja väl valda delar av standarder från övriga batterikemier. Dessa befintliga standarder omnämns i

litteraturen för batterilager av litium-jonkemi men är skrivna för att omfatta bly-syra, nickel-kadmium och/eller nickel-metallhybrid. Delar av dessa standarder är dock tekniskt applicerbara även för litium-jonkemin.

Vid uppfyllande av standarder måste man beakta batterilagrets¹²¹ alla livscykelstadier; design och planering, tillverkning och transport, installation och idriftsättning, drift och underhåll samt reparation. På så vis kan man minimera risker i ett stadie (exempelvis design av övervakningsalgoritm av celler) men även förhindra framtida risker i senare livscykelstadier (exempelvis överladdning av batterier).

Riskreducering i design och tillverkning hanteras av en mängd standarder där följande är vanligt förekommande:

- IEC 60812 för FMEA och IEC 61025 för felträdsanalys (FTA), som båda är viktiga under designarbetet.
- De tidigare nämnda SS-EN 61511 och SS-EN 61508 kan användas ur ett funktionssäkerhetsperspektiv

Det finns många fler standarder som hanterar risker, säkerhet och tillförlitlighet vid design och tillverkning av generella elektriska och elektroniska produkter.

För installationsstadiet uppmärksammar vi problematiken kring TN-C (fyrledarsystem) och TN-S (femledarsystem) där det inte är tillåtet enligt elinstallationsreglerna SS 436 40 00 utgåva 2 att TN-S matar TN-C system: *”Om installationen från en punkt är utförd med separata skyddsjords- och neutral-ledare är det inte tillåtet att efter denna punkt förbinda neutralledare med någon annan jordad del i installationen”*.¹²² Ämnet är känt, se kapitel 3.3 samt TK 64 nedan.

Transportstadiet har ett eget fokus med egna riskområden så som punktering av cellmembran eller plombering av laddade (SoC 50 procent) litium-jonbatterier¹²³. Övriga stadier har även de olika berörda standarder där flertalet av intresse nämns i denna rapport. Alla standarder gör dock inte skillnad på riskbedömningen beroende på livscykelstadie.

Det finns en viss risk för överlappning mellan standarder från olika tekniska kommittéer för batterilageranläggningar och deras ingående komponenter med avseende på de tekniska kravens omfattning. Publikationer finns som försöker utröna vilka standarder eller delar av standarder som ska hantera vilka risker och vilka livscykelstadier¹²⁴ för litium-jonkemin.

¹²¹ DNVGL-RP-0043 *Safety, operation and performance of grid connected energy storage systems*, (December 2015)

¹²² Elinstallationsreglerna SS 436 40 00 utg 2, *SEK Handbok 444*, utgåva 1. Se sida 441.

¹²³ SS-EN 62281, utg 2:2013 Litiumceller och litiumbatterier - Säkerhet vid transport

¹²⁴ Se bland annat DNVGL *Recommended Practice-Safety operation and performance of grid-connected energy storage systems*, (2015) och *Safety Guidelines – Li-ion Home Battery Storage Systems* (2014)

För tillfället finns inga harmoniserade produktstandarder inom EMC men det finns generella standarder som täcker det mesta. Fördelen med att få fram produktstandarder, som ska väljas i första hand, är att de kan bli bättre anpassade till produkten och hur den används. Här kan vi främst notera att det saknas krav på ledningsbunden störning på andra ledningar än anslutningen mot elnätet.

Det är av högsta vikt att aktörer inom energilagring håller sig uppdaterade inom området och följer upp efterlevnad av standardiseringen. Detta eftersom utveckling pågår kontinuerligt och de standarder som finns är relativt nya.

TK 8

SS-EN 50438 innefattar inte batterianläggningar för småhus med större effektbehov. Elsäkerhetsverket ser det lämpligt att standarden utökas för Sverige, att liksom Cypern innefatta anläggningar upp till 25 ampere per fas, motsvarande 17,5 kilowatt för en trefasanläggning. Elsäkerhetsverkets representant inom TK 8 tar med detta önskemål till standardiseringen.

TK 21

Säkerhetsstandarder för stationära litium-jonbatterier är under framtagande och en paraplystandard förväntas släppas under senare delen av 2016.¹²⁵

TK 64

Utformning av nuvarande standarder har utgått från att större kraftverk levererat elenergin ”top down”, men produktion finns nu även hos det som traditionellt varit konsument. Flera arbeten pågår internationellt inom området, där anpassning sker för att hantera elenergileveranser från såväl elnät som lokal produktion.

TK 120

Standarder för energilager har börjat utarbetats av denna nya tekniska kommitté. Relevanta standarder som berör batterilager bedöms börja släppas under 2017.

TK EMC

Produktstandarder harmoniserade mot EMC-direktivet saknas för närvarande. Dock pågår arbete att ta fram sådan standard för växelriktare för solceller och det arbetet kan i stora delar vara tillämpligt även för batterilager.

¹²⁵ IEC 62619 Ed. 1.0 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications

Bilaga 1: Översättningstabell regelverk

Föreslagen Elsäkerhetslag	Ellagen (1987:857)	Starkströms- förfordning (2009:22)	Elinstallatörs- förfordning (1990:806)	Förfordning (1993:1068) om elektrisk materiel	Övrigt
1 §	Andra stycket motsvarar nuvarande 9 kap. 8 §.				
2 §	1 kap. 2 §.				
3 §	10 kap. 2 §	2 §	2 §		
4 §			3 §		
5 §			2 §		
6 §		4 och 5 §§.			
7 §	9 kap. 2 § första stycket.				
8 §	9 kap. 2 § andra.				
9 §	9 kap. 2 a § första stycket.				
10 §	9 kap. 2 a § andra stycket.				
11-12 §§	9 kap 3 och 4 §§.				
13 §	9 kap. 5 och 6 §§.				
14-15 §	9 kap 7 och 9 §§.				
16 §				3 § första stycket..	
17 §				3 § andra stycket.	
18 §				3 § tredje stycket.	
19 §		4 och 5 §§.			
20 §					Saknar motsvarighet i gällande rätt.
21 §			9 §.		

Föreslagen Elsäkerhetslag	Ellagen (1987:857)	Starkströmsförfordning (2009:22)	Elinstallatörs- förfordning (1990:806)	Förfordning (1993:1068) om elektrisk materiel	Övrigt
22 §					Saknar motsvarighet i gällande rätt.
23 §					Saknar motsvarighet i gällande rätt.
24 §					Saknar motsvarighet i gällande rätt.
25 §					Saknar motsvarighet i gällande rätt.
26 §					Saknar motsvarighet i gällande rätt.
27 §			6 §.		
28 §	10 kap. 1 §.				
29 §	10 kap. 2 §.				
30 §	10 kap. 3 §.				
31 §	10 kap. 4 §.				
32 §	10 kap. 7 §.				
33 §	10 kap. 6 §.				
34 §	10 kap. 5 §.				
35 §	10 kap. 8 §.				
36 §	12 kap. 1 §.				
37 §	12 kap. 2 §.				
38 §	Paragrafen motsvarar den del av 12 kap. 5 § första stycket ellagen som gäller elsäkerhet.				
39 §	12 kap. 5 § andra stycket.				
40 §	12 kap. 5 § fjärde stycket.				
41 §	Paragrafen motsvarar den del av 12 kap. 3 § ellagen som gäller elsäkerhet				
42 §	12 kap. 4 § 1.				
43 §	12 kap. 4 §.				

Föreslagen Elsäkerhetslag	Ellagen (1987:857)	Starkströmsförfordning (2009:22)	Elinstallatörs- förfordning (1990:806)	Förfordning (1993:1068) om elektrisk materiel	Övrigt
44 §			10 §.		
45 §			10 §.		
46 §		20 §.	4 §.	11 §.	
47 §	9 kap. 1 § andra stycket.				
48 §	13 kap. 1 § 3.				
49 §					I paragrafen finns straffbestämmelser med påföljden böter.
50 §	13 kap. 1 § tredje stycket och 2 §.				
51 §	13 kap. 3 §.				
52 §	13 kap. 4 §.				
53 §	13 kap. 7 § 2 och 13 kap. 8 §.				

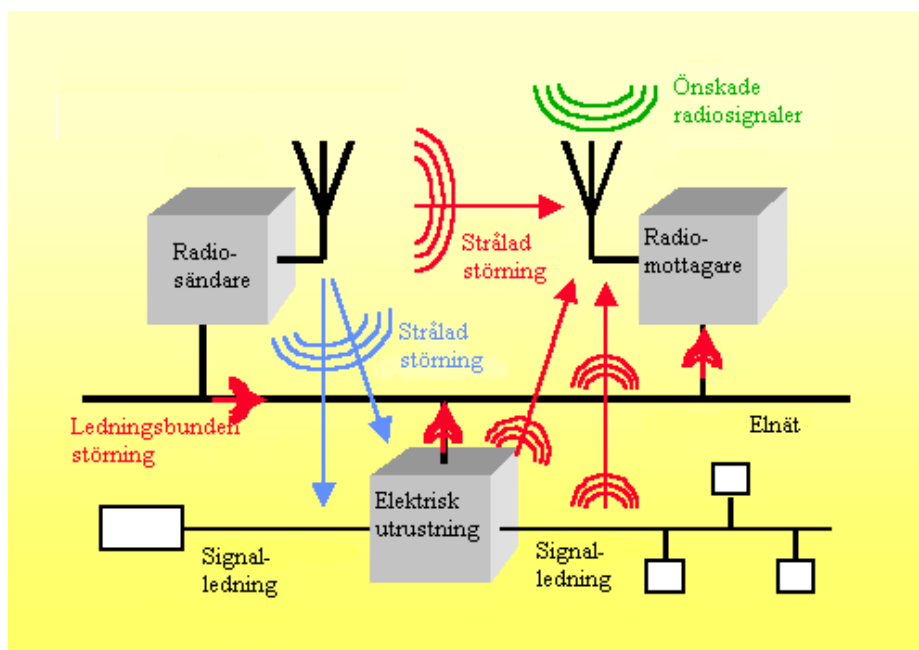
Bilaga 2: Fördjupning inom EMC

Den klassiska formen av EMC-problem är radiostörningar och begreppet EMC har vuxit fram parallellt med radions utveckling. För en oinvidd kan det tyckas märkligt att något som inte är en radiosändare kan orsaka radiosignaler, men vi kan konstatera att det i så gott som all modern elektronikutrustning skapas radiofrekventa signaler som biprodukt till den önskade funktionen. Detta behöver inte i sig vara något problem så länge man konstruerar så signalerna inte når ut och ställer till oreda någonstans. Rent tekniskt är det lösbart och det finns etablerade metoder för att lösa detta.

Eftersom främst småskaliga anläggningar kan tänkas hamna hos privatpersoner bör det finnas god anledning att se till att dessa inte orsakar radiostörningar. Med ”radio” bör man tänka lite vidare, radio är viktigt eftersom alltmer trådlös teknik används i samhället. Exempel kan vara datornätverk, mobiltelefoni, teve och olika former av kommunikationsradio. Viss radioanvändning, exempelvis blåljusmyndigheternas RAKEL-system, har en samhällsviktig funktion som måste fungera ostört i krissituationer. I en typisk hemmamiljö hamnar de olika utrustningarna ofta nära varandra och olika former av radioteknisk utrustning, därför kan det finnas potential för EMC-relaterade problem, olika former av störning. Önskan är förstås att det omvända inte ska orsaka problem, det vill säga att energilagret påverkas av något annat i sin omgivning. Här kan man tänka sig sändarfunktionen i en mobiltelefon i ett olyckligt fall skulle kunna påverka energilagret på ett oönskat sätt.

Begreppen emission, tålighet, ledningsbundet, strålat

Signaler som avges kallas för emission och kan vara ledningsbundna eller utstrålade. Men även det motsatta kan inträffa och kallas då för tålighet, vilket kan störa energilagrets funktion. I det fallet är det i stället ledningar eller apparaten själv som fångar in de omgivande signaler som tar sig in i apparaten och orsakar problem.



Figur 25: Enkel visualisering av olika EMC-fenomen

Ledningsbundna signaler kan omvandlas till utstrålade genom att ledningar fungerar som sändarantennerna och även motsatt. Av den anledningen är det också viktigt att installationen utförs lämpligt - till synes passiva delar som kablar kan ha en avgörande inverkan.

Störningar via elnätet

Elnätet kan vidarebefordra en mängd olika signaler, ofta ganska långt. Transienta signaler som uppstår vid på/avslag av annan utrustning är ett exempel, över-spänningar från åska ett annat. De transienta störningarna är oftast kortvariga till sin natur medan deras energiinnehåll kan variera avsevärt.

De transienta störningarna kan oavsiktligt påverka funktionen (omstart, stänga av, och så vidare) men också orsaka skador.

Elkvalitet

Då utvecklingen har gått i en riktning med fler elektroniska komponenter i elnätet har förutsättningarna för driften ändrats. Exempel på elektroniska komponenter är laster i form av LED-lampor, switchade nätaggregat och motorer som drivs via frekvensomriktare plus generering via elektronik, där sol- och vindkraft är typiska exempel. Denna utveckling mot allt mer elektroniska komponenter ger utmaningar för driften av elnät med avseende på elkvalitet och stabilitet. Andelen klassiska elmaskiner (såväl generatorer som motorer) med roterande massa som är direkt-kopplade mot elnätet minskar och därmed deras gynnsamma stabiliserande effekt. I och med detta uppkommer mer behov att införa utrustningar som förbättrar såväl

elkvalitet som stabilitet i elnätet. Energilagret är ett exempel på en sådan utrustning som också kan användas för att förbättra elkvaliteten:

- Avvikelser i nätfrekvensen
- Flimmar (påverkar främst glödlampor)
- Korrigering av låg effektfaktor
- Minska inverkan av strömavbrott
- Spänningsvariationer
- Övertoner

Krav i standarder

Kravnivåer och provmetoder för EMC finns angivet i standarder. För det mesta använder man standarder som är harmoniserade mot EMC-direktivet för att visa att direktivets så kallade skyddskrav är uppfyllt. Skyddskravet är direktivets centrala del och uppfyller energilagret detta så har det en god chans att inte störa utrustningar i dess omgivning plus att det bör tåla det som finns i omgivningen.

Det är viktigt att notera att även om man uppfyller kraven i EMC-standarderna så innebär inte det att alla störningar försvinner eller att påverkan kan uteslutas, det är därför det står *god chans* och *bör tåla* i stycket ovan. Kraven i standarderna bör betraktas som kompromisser. Att gardera sig för alla tänkbara risker blir för det mesta alldeles för dyrbart. Det kan ibland bli aktuellt att ställa ytterligare krav för att säkerställa att skyddskravet uppfylls då det är det fullständiga kravet för att uppfylla EMC-regelverket. Det är främst för fasta installationer, som är avsedda för användning på en viss förutbestämd plats, som man har möjligheter att anpassa installationen till förutsättningarna på platsen. Det kan innebära hårdare krav i vissa fall medan andra krav kan lättas, något som en föregående utredning ska fastlägga och dokumentera.

Krav beroende på plats

I allmänhet är emissionskraven strängare för utrustningar som ska användas i bostadsmiljö på grund av närheten till exempelvis radioutrustning som riskerar att påverkas. I en industrimiljö har man generellt ansett att radiokommunikation inte förekommer lika allmänt och därför kan en högre störnivå godtas. Omvänt anses att tålighetskraven för utrustningar i industrimiljö ska vara högre än i bostadsmiljö eftersom det finns mer störningsalstrande utrustningar i industrimiljön.

Branschpraxis

Regelverket anger inte i detalj vad som är god branschpraxis. Anledningen är att det kan variera avsevärt beroende på vilken utrustning som avses, dessutom är teknikutvecklingen snabb så en beskrivning skulle snabbt bli inaktuell. Generellt

kan man säga att information finns i handböcker om EMC¹²⁶ och tekniska rapporter, exempelvis från EMC-standardisering¹²⁶. Många tillverkare av produkter har också utförliga applikationsexempel som kan användas. En bra början är att följa tillverkarens anvisningar men det kan också finnas ytterligare krav, något som ska framgå ur dokumentationen för den fasta installationen.

¹²⁶ EMC for Product Designers (4th Edition), Tim Williams, ISBN 978-0-75-068170-4

Bilaga 3: Praktiska installationsråd

Köpa färdig anläggning

Köper man anläggningen inklusive installation ska all information, ritningar, beskrivningar, etcetera ingå. Installatören ska

- vara behörig att utföra installationen genom att endera
 - vara elinstallatör med allmän behörighet AB eller ABL, eller
 - vara yrkesman som arbetar under överinseende av en sådan elinstallatör, samt,
- följa tillverkarens anvisningar och gällande svenska regler för installationen (vanligen svensk standard).

Köpa delar och bygga för eget bruk

Om man bestämmer sig för att bygga och installera anläggningen på egen hand så kräver det att man har behörighet som elinstallatör med allmän behörighet AB eller ABL. Det som byggs för eget bruk anses inte ha satts på marknaden men ska ändå vara säkert och uppfylla EMC-direktivets skyddskrav. Vidare bör man beakta att man inte har samma skydd av sådana garantier som normalt följer vid avtal som omfattar installationen. Man ska också vara medveten om att även om varje produkt i sig är korrekt tillhandahållen på marknaden och uppfyller alla krav så är det inte därmed givet att den sammansatta anläggningen uppfyller kraven. När det gäller EMC-aspekter så kan felinstallerade komponenter, som i sig uppfyller kraven, ge omfattande problem.

Bilaga 4: Angränsande områden

Statens Energimyndighet

- Batterifondsprogrammet:
Initierat av Statens Energimyndighet utifrån ett regeringsuppdrag att under 2013-2020 fördela 205 miljoner kronor på forsknings- och utvecklingsprogram med inriktning mot teknikområdena batteriåteranvändning/-återvinning och fordonsbatterier¹²⁷. Då energilager är en tänkbar konsument för återanvändning (second-life) av batterier från fordonsindustrin har denna satsning även bäring på stationära energilager.
- Solel-programmet:
Statens Energimyndighet har också i samarbete med Energiforsk ingått i Solel-programmet¹²⁸. I detta program har man bland annat tagit fram ”*Installationsguide Nätanslutna Solcellsanläggningar*”¹²⁹.
- Mätningar och provningar av solcellsmoduler och växelriktare:
På uppdrag av Statens Energimyndighet utfördes under 2014 provning av nätanslutna solcellssystem av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Rapporten är inte direkt riktad till allmänheten, men den är ett utmärkt tekniskt beslutsunderlag för potentiella köpare av solcellsanläggningar. Rapporten innehåller jämförande mätningar och provningar av solcellsmoduler och växelriktare och har titeln ”*Jämförande provning av nätanslutna solelssystem 2014*”¹³⁰.
- SweGRIDS:
Ett svenskt forskningscentrum inom smarta elsystem och energilagring med ett aktivt industrideltagande initierades av Statens Energimyndigheten 2011. STORAGE – Elenergilagring är ett av fem strategiska områden och ska utveckla och demonstrera nya komponenter, nya kontrollstrategier och lösningar för hur lagring i liten, medel och i stor skala ska kunna integreras i det existerande och det framtida elnätet.

¹²⁷ <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/transporter/fordon/program/batterifondsprogrammet-2013-2020/>

¹²⁸ <http://www.solelprogrammet.se/>

¹²⁹ http://www.solelprogrammet.se/Global/installationsguide_solceller.pdf?epslanguage=sv

¹³⁰ <http://www.energimyndigheten.se/contentassets/0d5ca3d6ef3744c5a0d6465a029c31ce/slutrapport---jamforande-provning-av-natanslutna-solelssystem-2014---2015-04-29-rev-2015-06-15.pdf>

- Intelligent Energy Management Challenge:
Statens Energimyndighet lanserade den globala tävlingen Intelligent Energy Management Challenge i oktober 2015. Syfte är att få fram energisystemlösningar för byggnader som producerar sol. Lösningarna ska se till att en större del av solelen används i byggnaden där den produceras, exempelvis genom lagring och styrning av energianvändningen till tidpunkter då det produceras mer sol. De vinnande bidragen offentliggjordes i april 2016 och pilotprojekt kommer tas fram i samarbete med deltagande kommuner.¹³¹
 - CERTH, Grekland. AGILE, ett självlärande energisystem som anpassar sig och blir allt bättre på att ta smarta beslut kring byggnadens energianvändning i realtid och samtidigt kravlöst möta slutkonsumentens behov.
 - Amzur Technologies, USA. En smart energimätare som förutser batteriförbrukning och hur mycket solkraft som genereras. Energimätaren kan även hjälpa användaren att välja när det är dags att ladda ur batteriet och när det är läge att köpa el från elnätet.
 - KIC InnoEnergy, Sverige. Local System Operator (LSO), smartare energianvändning genom en innovativ affärsmodell som bygger på lokal produktion och konsumtion. Lösningen kan bidra till uppbyggnaden av smarta energisamhällen med användare och flerbostadshus som tillsammans bidrar till en mera hållbar energianvändning.
 - Ferroamp Elektronik, Sverige. EnergyHub, en skalbar lösning som kan ge effektivare energihantering, mindre spillenergi, enklare installation och lättare underhåll för användarna. EnergyHub är en plattform för lagring av förnybar energi.
- Frivillig certifiering för installatörer av förnybar energi:
Den 31 december 2012 trädde lagen om certifiering av installatörer av vissa värmesystem i kraft. Certifieringen är frivillig och gemensam för EU-länderna. Reglerna har sin bakgrund i ett EU-direktiv som ska främja användandet av energi från förnybara energikällor; Förnybart direktivet, [2009/28/EG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028).

Boverket har tagit fram föreskrifter om de krav som ska vara uppfyllda för att bli certifierad som installatör. Swedac ackrediterar certifieringsorgan för personcertifiering av installatörer enligt Boverkets föreskrifter. Energimyndigheten godkänner den obligatoriska utbildningen inför certifiering

¹³¹ <https://ninesights.ninesigma.com/web/intelligent-energy-management>

och/eller utbildningsleverantörer. Behörighet för solcellssystem (SC) nämner idag inte batterilager explicit och innefattar således inte dimensionering av batterilagers kapacitet kontra den inkopplade effekten från en solcellsanläggning och fastighetens lastprofil. Certifieringen är dock frivillig och kompetens för beräkning av energikapacitet får förutsättas finnas hos tillverkare av batterilager.

Räddningstjänst och MSB

Ett annat informationsbehov som behöver belysas är den information som räddningstjänsten behöver ha tillgång till i samband med brand eller andra typer av insatser i närheten av eller direkt på en batterilageranläggning. Skälet till detta är det faktum att det är väldigt svårt att stänga av ett batterilager helt. De ingående batterierna är ofta fyllda med energi. Dessutom är brand i ett litium-jonbatteri närmast att likna en oljebrand och det kan krävas mycket stora mängder vatten för att släcka en sådan brand.

En aspekt som kan vara av intresse men inte utretts i denna rapport är att när termisk rusning sker i ett litium-jonbatteri så skapas gaser. Dessa gaser är både giftiga och brännbara och kan skapa stora bränder med hastigt förlopp¹³².

Vid kontakt med räddningstjänsten så belystes att behovet av information vid tillfällen för insatser är anläggningspecifik, de behöver exempelvis veta var batterierna finns, var anslutande kanalisation är belägen, var eventuella växelriktare är placerade. Behovet är alltså en väl specificerad dokumentation av anläggningen i form av relationshandlingar av olika slag, exempelvis ritningar, översiktsscheman, bilder och annat som beskriver den specifika anläggningen.

Sammanfattningsvis framkommer att räddningstjänsten ser ett behov av väl specificerad dokumentation, skyltning och varselmärkning av anläggningen. Varselmärkningsbehovet är inte fullt tillgodosett i [ELSÄK-FS 2008:2](#), se kapitel 7.1.

Ett tidigare myndighetssamarbete med bland annat MSB rör kartläggningen av risker vid räddningsinsats i samband med brand i solcellsanläggning¹³³. Sammanfattningsvis kom kartläggningen fram till att solcellsanläggningar medför speciella risker för räddningstjänstens personal i samband med räddningsinsats. Dessutom är det önskvärt att framtida elföreskrifter tar hänsyn till räddningspersonalens säkerhet i samband med insats vid brand. MSB anser att det är högre risk med batterilager än solcellsanläggningar.

¹³² DNVGL Recommended Practice-Safety operation and performance of grid-connected energy storage systems, 2015

¹³³ <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27458.pdf>, Beteckning 4P05081.

Räddningstjänsten anser att batterilager är mycket snarlikt solceller vad gäller släckningsarbete men att det möjligen är en större risk. Detta då det finns en stor effekt som kan släppas loss under kort tid vilket skiljer sig från en solcellspanel. Strömmen försvinner heller inte då man bryter strömmen utan finns kvar i batterilagret. En risk finns också med strömförande, icke avstängningsbara ledningar som troligen förläggs med andra ledningar. Det kräver ytterligare kunskap hos räddningspersonal och riskerar att ge defensiva insatser (nedbrunna byggnader) om man saknar rätt kunskap och rätt utformning av batterilagren. Vad gäller släckning så tillkommer dessutom släckteknik för brinnande batterier där kunskapen ännu inte är så stor och vilken miljöpåverkan batteriresterna ger när de släpps ut till reningsverk. Räddningstjänsten önskar mer information och kunskap om batterilager.

Andra nordiska länder

Vid en rundfrågning kring de nordiska grannländerna så visade det sig att det fanns liten eller låg kunskap och erfarenhet om energilager. Detta trots att det finns, i de flesta nordiska länder, anläggningar med energilager som är i drift. Antingen så har frågan inte rests eller så ses den befintliga nationella lagstiftningen tillräcklig för att hantera dessa produkter.