



**AFRY**  
Å F P Ö Y R Y

Handläggare  
Norlander, Nils  
[Nils.norlander@afry.com](mailto:Nils.norlander@afry.com)  
010-505 33 21  
079-348 52 09

Datum  
2021-11-03  
Projekt ID  
204131

Kund  
Sundsvalls kommunkoncern  
Bertil Carlsson

## Förutsättningar för klimatneutral elproduktion i Sundsvalls Kommun

ÅF-Infrastructure AB

Norlander, Nils  
Andersson, Sofia



## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	6
1.1	Omfattning och avgränsningar .....	6
1.2	Genomförande och disposition .....	7
1.3	Disclaimer .....	7
2	Sundsvalls kommunkoncern .....	8
3	Teknisk inledning.....	9
3.1	Energieffektivisering.....	9
3.2	Solceller och solcellsanläggningar .....	9
3.3	Vindkraft.....	15
3.4	Vågkraft.....	16
3.5	Kraftproduktion från biobränslen .....	18
3.6	Energilager och klimatneutral elproduktion.....	19
3.7	Elnätets kapacitet .....	24
4	Kommunen som klimatneutral elproducent .....	28
4.1	Solel.....	28
4.2	Vindkraft.....	29
4.3	Kraftproduktion från biobränslen .....	30
4.4	Energilagring .....	30
5	Metod.....	31
5.1	Solel.....	31
5.2	Vindkraft.....	32
5.3	Vågkraft.....	32
5.4	Kraftproduktion från biobränslen .....	32
5.5	Energilager .....	32
5.6	Elnätets kapacitet .....	32
6	Resultat.....	33
6.1	Solel.....	33
6.2	Vindkraft.....	40
6.3	Vågkraft.....	42
6.4	Kraftproduktion från biobränslen .....	42
6.5	Energilager .....	43
6.6	Förutsättningar för transmission och lagring av klimatneutral el.....	45
7	Sammanställning och jämförelse .....	48
7.1	Solel.....	48
7.2	Vindkraft.....	48
7.3	Diskussion .....	48
8	Ekonomi och juridik .....	49

8.1	Investeringskostnader .....	49
8.2	Ekonomiska stöd och skatter .....	52
8.3	Värde av producerad el.....	53
8.4	Affärsmodeller.....	54
8.5	Klimatneutral elproduktion inom Sundsvalls Kommunkoncern.....	56
9	Handlingsplan .....	58

## Sammanfattning

Sundsvalls kommunkoncern har som mål att till 2030 vara klimatneutrala och vill därför utreda förutsättningarna för ökad produktion av klimatneutral el. En utredning på övergripande nivå har genomförts med syfte att användas som underlag för fortsatt inriktning, handlingsplan och detaljutredning.

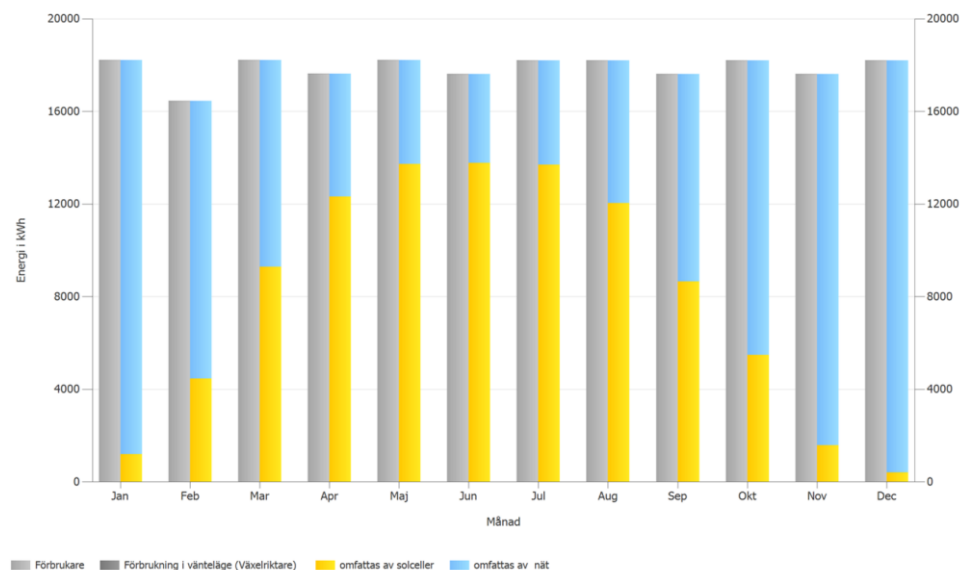
I denna rapport sammanställs tekniska förutsättningar och potential, samt ekonomiska och regelverksmässiga aspekter, för olika produktionsmetoder av klimatneutral el. Vidare sammanställs olika energilagringstekniker samt elnätets kapacitet att ta emot intermittent elproduktion.

De elproduktionsmetoder för klimatneutral el som utretts i denna rapport är solexel, vindkraft, vågkraft och kraftproduktion från biobränslen. Utredningen visar att kommunen har bäst möjligheter att öka elproduktion från solexel och vindkraft. På kommunägda byggnader finns potential att etablera ca 33 MW<sub>p</sub> solceller, och inom Logistikparken AB ca 3 MW<sub>p</sub>, se Tabell 1. Sammanställning Solexelproduktionen skulle motsvara ca 15 % av kommunens totala elanvändning. Figur 1 visar hur installation av solceller på en skola i kommunen kan tillgodose uppskattningsvis ca 60 % av skolans elanvändning under ett år. Potentialen för vindkraft inom områden utpekade i ÖP2040 uppgår till 1,67 GW med årsproduktion om ca 4 000 000 MWh.

Tabell 1. Sammanställning av potentialen för solexel inom Sundsvalls kommunkoncern.

Bolag	Effekt [kW <sub>p</sub> ]	Energiproduktion [MWh/år]
Sundsvalls kommun	25 000	21 000
Mitthem AB	6 000	5 000
SKIFU AB	1 200	1 000
Sundsvalls Vatten AB	900	700
Sundsvalls Energi AB	100	100
Sundsvalls logistikpark AB	3 000	2 600
<b>Summa</b>	<b>36 000</b>	<b>30 000</b>
Andel av elanvändning*		15 %

\* Andel av kommunkoncernens totala elanvändning



Figur 1. Andel solexel i en skola med en solcellsanläggning på 190 kW och uppskattning av elanvändning utifrån nyckeltal.

Det finns olika affärsmodeller till hur kommunen kan investera i klimatneutral el, se exempel i Tabell 2.

Tabell 2. Exempel på affärsmodeller för kommunen att öka produktion av klimatneutral el.

Affärsmodell	Beskrivning
Egen investering	Kommunen investerar i och äger elproduktionsanläggningen
Andelsägande	Kommunen köper andelar i en ekonomisk förening eller ingår avtal med andra aktörer om samägande av anläggningen
PPA-avtal (Power Purchase Agreement)	Kommunen ingår ett avtal med en aktör som investerar i och äger anläggningen. Kommunen förbinder sig att köpa att el från anläggningen till fast pris under en lång tidsperiod.

Om kommunen avser att äga produktionen i egen regi är det framförallt solel som bedöms vara aktuellt. När solceller installeras på en byggnad och solel kan användas direkt i byggnaden ökar lönsamheten till skillnad från en anläggning som enbart matar ut el till elnätet, som i fallet med sol- och vindkraftparker.

Istället för att kommunen själv äger anläggningar kan de köpa andelar i andras anläggningar eller förbinda sig att köpa el från specifika anläggningar via långtidskontrakt, vanligen PPA (Power Purchase Agreement). En PPA-anläggning kan vara placerad inom något av kommunens egna elnätsabonnemang, t.ex. om ett annat företag investerar i en solcellsanläggning på en kommunägd byggnad. PPA-anläggningen kan också vara en del av exempelvis en solcells- eller vindkraftspark. Skillnaden är att den fysiska användningen av el kommer från PPA-anläggningen i det första fallet men inte det andra.

Våkraft är idag inte aktuellt eftersom det inte finns någon kommersiell teknik och att havet utanför Sundsvall är istäckt en lång period varje år. Kraftproduktion från biobränslen kan eventuellt vara aktuellt men kräver att förbränningen i Sundsvalls kraftvärmeverk Korsta sker från enbart förnybart avfall.

Elnätets kapacitet att ta emot intermitterent kraft kan vara begränsande men studier visar att ett lokalnäts årliga elbehov kan täckas av solel till ca 30 % utan att elkvaliteten försämras. Både lokal- och regionnätsägare i Sundsvalls Kommun ser positivt på möjligheten till att öka andelen förnybar el i nätet men utreder varje anmälan om kraftproduktion från fall till fall. Idag finns det enligt samtal med nätägare inga flaskhalsar som begränsar inmatning av elproduktion på nätet.

Som nästa steg rekommenderas Sundsvalls Kommunkoncern att sätta upp ett mätbart och tidsatt mål gällande klimatneutral elproduktion. Vidare rekommenderas kommunen att i första hand se över möjligheten till att energieffektivisera sina byggnader och verksamheter, och i andra hand utföra en närmare potentialstudie över vilka byggnader som i första hand bör förses med solcellsanläggningar. Slutligen rekommenderas även att en detaljutredning över en solcellspark på logistikparken utförs.

## 1 Inledning

Sundsvalls kommun har som mål att vara klimatneutrala senast år 2030. AFRY har på uppdrag av Sundsvalls Kommunkoncern utrett kommunens förutsättningar för att öka produktionen av klimatneutral el.

Målet är att denna utredning ska vara på en övergripande nivå så att resultatet kan användas som beslutsunderlag om fortsatt inriktning och detaljutredning. Resultatet av utredningen ska även användas som underlag för att ta fram ett utkast till handlingsplan för kommunen att arbeta vidare med.

Förutsättningarna för klimatneutral elproduktion har utvärderats inom kommunägda byggnader och mark med avseende på tillgänglighet, potential för produktion samt drift, service och underhåll.

Rapporten utvärderar också kortfattat de ekonomiska och juridiska aspekter som härrör till installation av förnybar elproduktion, såsom skatteregler och olika ägandeformer.

### 1.1 Omfattning och avgränsningar

Följande produktionsmetoder har utvärderats för klimatneutral elproduktion:

- Solel
- Vindkraft
- Vågkraft
- Kraftproduktion från biobränslen

Andra tekniker för klimatneutral elproduktion som vattenkraft och kärnkraft har avgränsats från utredningen eftersom det av ekonomiska, miljömässiga och politiska skäl inte anses aktuellt för kommunen att investera i.

Vidare innefattar utredningen en översiktlig analys av elnätets förmåga att ta emot lokalt producerad el samt lagring av el i batterilager och vätgas både i byggnader och som stödsystem till elnätet.

Uppdraget omfattar följande aktiviteter:

- Upprättande av teknisk inledning med kortfattad information om respektive teknikslag
- Genomlysning av hur andra kommuner hanterar förnybar elproduktion
- Beskrivning av metod för bedömning och beräkning av potential för klimatneutral elproduktion
- Beräkningar av årlig elproduktion och bedömning av förutsättningar för solel på:
  - Sundsvall Logistikpark
  - Kommunägda byggnader
- Bedömning av förutsättningar för vindkraft på kommunägd mark samt andra möjligheter för investering i vindkraft
- Bedömning av förutsättningar för vågkraft
- Bedömning av förutsättningar för kraftproduktion med biobränslen
- Bedömning och beräkning av möjligheter för lagring av producerad el med energilager
- Intervjuer med Sundsvall Elnät och EON Regionnät om elnätets kapacitet
- Beskrivning av aktuella ekonomiska förutsättningar och affärsmodeller för att investera i klimatneutral el.

- Diskussion kring vilka juridiska personer inom kommunkoncernen som är mest lämpliga att investera i klimatneutral el.

Denna utredning behandlar ej förnybar produktion av värme genom exempelvis solfångare. Inga platsbesök har utförts i denna utredning.

Beräkningar i rapporten baseras på nyckeltal och branschstandarder och skall ej betraktas som exakta, utan syftar till att ge en fingervisning om potentialen.

För markbaserade solcellsanläggningar är större sammanhängande ytor aktuella och därav har logistikparken valts ut. Övrig mark som ägs av kommunen har exkluderats eftersom det rör sig om små fastigheter i stadsmiljö (bostadstomter till försäljning, näringsfastigheter och industrifastigheter) eller att marken är avsedd för andra användningsområden (till exempel rekreation).

## 1.2 Genomförande och disposition

Rapporten inleds med en kortare beskrivning av Sundsvalls kommunkoncern (kapitel 2) med den totala elanvändningen och elproduktionen inom kommunkoncernen idag. Därtill beskrivs bolagsstrukturen och bolag med stora byggnadsbestånd presenteras. Sedan följer en teknisk inledning (kapitel 3) om olika tekniker för att producera och lagra klimatneutral el, hur elnätets kapacitet att ta emot elen fungerar samt hur elbehovet kan minska med energieffektivisering. Därefter kommer ett avsnitt med exempel på hur andra svenska kommuner producerar och lagrar klimatneutral el idag (kapitel 4).

Efter de inledande avsnitten följer kapitel 5 med beskrivning av de metoder för urval och beräkningar som genomförts i utredningen. I kapitel 6 redovisas sedan resultaten av potentialbedömningar för de olika produktionsteknikerna, lagring och elnätets kapacitet. Sedan följer en sammanställning med diskussion och jämförelse av resultaten (kapitel 7).

Därefter behandlas de ekonomiska förutsättningarna för investering i solenergi, vindkraft och energilager samt de olika affärsmodeller som finns på marknaden (kapitel 8). Kapitlet avslutas med att redogöra för de vägval inom klimatneutral el som Sundsvalls kommunkoncern står inför. Avslutningsvis presenteras ett förslag till handlingsplan för kommunkoncernens arbete framöver (kapitel 9).

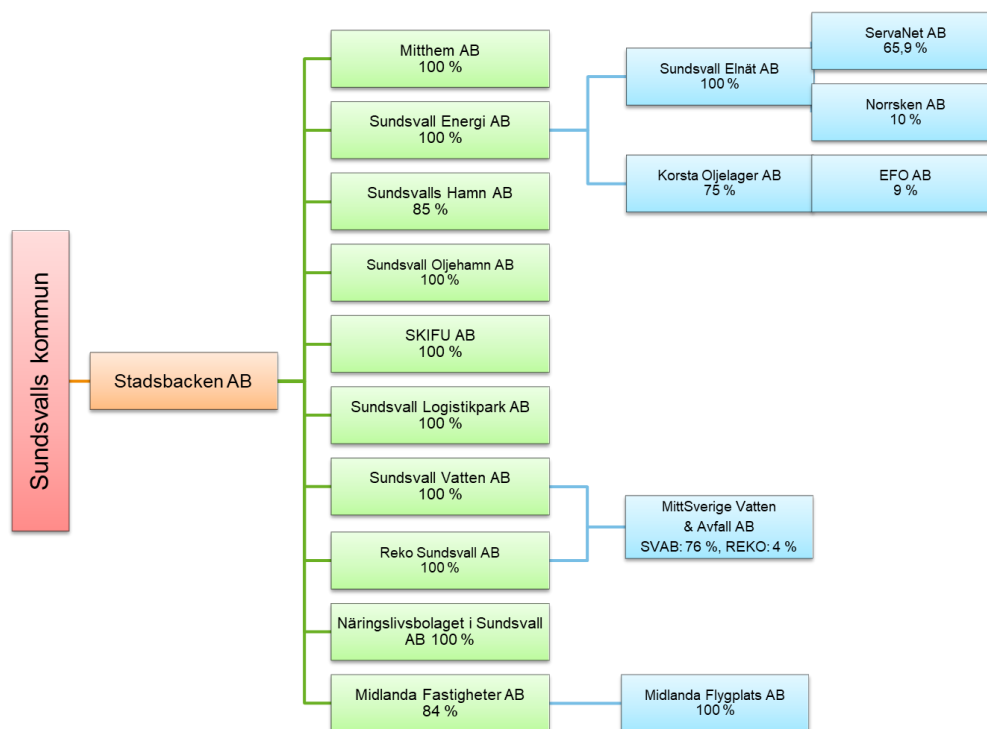
## 1.3 Disclaimer

AFRY lämnar inte någon garanti, uttryckt eller underförstådd, angående riktigheten eller fullständigheten av den information som återges i rapporten och tar heller inget ansvar för riktigheten eller fullständigheten. Vidare tar AFRY inget ansvar för någon förlust eller skada som uppstår till följd av tillhandahållandet av denna rapport.

Värt att poängtera är återigen att analysen som ligger till grund för rapporten är baserad på befintliga data och att nödvändiga antaganden har gjorts. Före ett eventuellt förverkligande av ökad klimatneutral elproduktion behöver en djupgående och detaljerad analys med ytterligare mätning och dimensionering utföras. Denna rapport är således endast att betrakta som ett första steg i arbetet.

## 2 Sundsvalls kommunkoncern

Kommunkoncernen i Sundsvall består dels av olika förvaltningsområden, dels av flertalet bolag med Stadsbacken AB som koncernmoder se Figur 2.



Figur 2. Organisationsschema Sundsvalls kommun.

Kommunens egna byggnader (såsom skolor, förskolor, idrottsanläggningar och omsorgsboenden) förvaltas av Drakfastigheter som är en verksamhet under kommunstyrelsekontoret. Av bolagen är det framförallt det kommunala bostadsbolaget Mitthem AB och industrifastighetsutvecklingsbolaget SKIFU AB som äger stora bestånd av byggnader.

Kommunkoncernen använder ca 200 000 MWh el per år. Det kommunala energibolaget Sundsvall energi producerar ca 47 000 MWh el per år i ett kraftvärmeverk med avfallsförbränning.

Under hösten 2021 installerades en solcellsanläggning på kommunhuset, se Figur 3. Anläggningen har en generatoryta om ca 370 m<sup>2</sup> med installerad effekt på 75,5 kW<sub>p</sub>.



Figur 3. Solcellsanläggning på kommunhuset i Sundsvall Foto: Bertil Carlsson.



## 3 Teknisk inledning

Detta kapitel innefattar en kortfattad teknisk sammanställning över olika system för förnybar elproduktion, elnät och lagring. Syftet är att ge en överskådlig bild av ingående komponenter och dess funktion. Kapitlet inleds även med ett avsnitt om energieffektivisering.

### 3.1 Energieffektivisering

Genom att energieffektivisera byggnader och verksamheter kan elbehovet minska och tjänar därför också syftet om mer klimatneutral el. Lämpliga åtgärder som minskar elbehovet är:

- Byt ut värmesystem med direktverkande el till fjärrvärme eller värmepump
- Driftoptimering av eldrivna system
  - Värmesystem, ventilation och belysning
  - Exempelvis: drifttider och börvärden
- Optimering av elutrustning
  - Exempelvis: installation av LED-belysning och byte till energieffektiva ventilationsfläktar
- Effektivisering genom underhållsåtgärder
  - Exempelvis: tilläggsisolering och nya energieffektiva fönster i byggnad med elbaserat värmesystem

### 3.2 Solceller och solcellsanläggningar

En solcellsanläggning består i de flesta fall av följande huvudkomponenter:

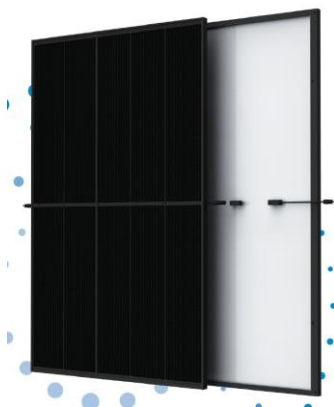
- Solcellsmoduler som omvandlar solljus till elektrisk energi i form av likström
- Montagesystem som solcellsmodulerna monteras på
- Växelriktare som omvandlar likström till växelström
- Inkopplingspunkt, d.v.s. den avlämningspunkt där solcellsanläggningen ska leverera producerad el

En solcellsanläggning klassas som en starkströmsanläggning och får endast installeras av ett auktoriserat elinstallationsföretag som är registrerat hos Elsäkerhetsverket.

#### 3.2.1 Solcellsmoduler

Den kommersiellt främst förekommande solcellsmodulen idag är en s.k. monokristallin solcellsmodul som baseras på kisel, se Figur 4. Dessa moduler kännetecknas av att de är svarta och har en verkningsgrad om ca 17–22 %. Verkningsgraden på en solcellsmodul anger hur mycket av energin i inkommande solljus som modulen omvandlar till el. En kisel-solcell kan bara omvandla vissa typer av våglängder i ljuset och den teoretiska verkningsgraden är därför 33,7 %.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [https://sv.abcdef.wiki/wiki/Shockley%E2%80%9333,7%93Queisser\\_limit](https://sv.abcdef.wiki/wiki/Shockley%E2%80%9333,7%93Queisser_limit)



Figur 4: Exempel monokristallin solcellsmodul, Trina Vertex TSM-DE09.05.

Solcellsmodulens effekt benämns generellt med  $W_p$ , vilket betyder Watt-peak, och definieras av den effekt som modulen levererar vid STC, standard test conditions. Denna effekt,  $W_p$ , är standard vid tester av solcellsmoduler i enlighet med EN 60904-3 och standarden är:

- Instrålning  $1000 \text{ W/m}^2$
- Vinkelrät instrålning
- $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- 1,5 luftmassa (relativt mått på fotonernas färdväg genom atmosfären, där 1 luftmassa motsvarar att vinkelrätt mot jordytan)

En solcellsanläggning med 100 st. solcellsmoduler á  $400 \text{ W}_p$  har alltså en sammanlagd effekt om  $40\,000 \text{ W}_p$ ,  $40 \text{ kW}_p$ .

Kiselsolceller går även att belägga med färg för att få ett varierat estetiskt utseende. I Figur 5 har man gjort ett mosaikliknande mönster på en fasad genom produkter från ML-Systems. Dessa typer av installationer är i regel dyrare och ger en lägre elproduktion per installerad kW.



Figur 5: Solcellsanläggning på fasad, Friskvåderstorget Göteborg.

Andra förekommande solcellsmoduler är s.k. tunnfilmsmoduler som benämns utifrån vilka ämnen som ingår, exempelvis CdTe (kadmium, tellurid) eller CIGS (koppars, indium, gallium, selen). Tunnsfilmsmoduler är som namnet antyder tunna och används främst i specialfall och kan exempelvis integreras i tak eller fasad, samt vid svaga tak

som inte klarar belastningen från konventionella solcellsmoduler. Tunnsfilmsmoduler går också att återfå i olika färger vilket ger olika verkningsgrad.

Solcellsmoduler är temperaturberoende och arbetar bättre vid lägre utetemperaturer, vilket i Norden till viss del kompenserar för den lägre solinstrålningen jämfört med Centraleuropa.

### 3.2.2 Växleriktare

Växleriktare omvandlar den producerade solelen från likström till växelström för anslutning till det gemensamma elnätet. Växleriktare innehåller också i de flesta fall datalagringsenheter så att produktionen kan följas via leverantörens molntjänst.

Vid större solcellsparker installeras vanligtvis flera växleriktare som vardera försörjer uppdelade fält av solcellsanläggningen, se Figur 6.



*Figur 6: Växleriktare typ Sungrow 110CX tillhörande solcellspark i Fyrislund, Uppsala. Foto: Nils Norlander.*

I byggnader placeras växleriktare generellt så nära solcellsanläggningen som möjligt för att undvika långa dragningar av likströmskablage invändigt. Detta eftersom likströmskablage kan vara strömförande även om man slår av huvudbrytaren till byggnaden så länge solcellsmodulerna är belysta.

Vid större solcellsparker frikopplade från byggnader ansluts växleriktare till en transformatorstation som transformerar spänningen från 0,4 kV till exempelvis 10 kV, så att elen kan fördelas och säljas ut på mellanspänningsnätet.

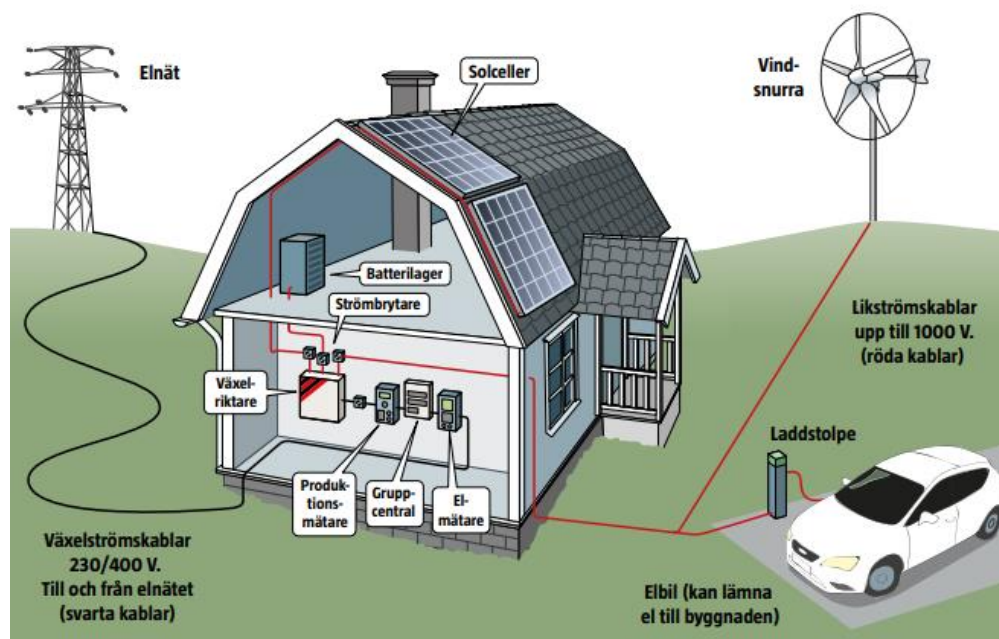
### 3.2.3 Kablage och anslutning till elnätet

Att omvandla solenergi till el omfattas av Elinstallationsreglerna, SS 436 40 00, vilket ställer krav på hur kablage och anslutningen till elnätet ska utföras.

Mindre anläggningar på byggnader ansluts till en elcentral i byggnaden. Större anläggningar, så som solcellsparker, behöver en eller flera transformatorstationer för anslutning till mellanspänningsnätet.

Vid planering av en solcellsanläggning upprättas en föransökan som skickas till nätägaren för godkännande. Ibland är elnätet för svagt i området och måste då förstärkas, vilket tillför extra kostnader. En annan faktor som påverkar kostnaden för inkoppling av en solcellsanläggning är avståndet till inkopplingspunkten. Längre avstånd innebär generellt högre anslutningskostnader.<sup>2</sup>

Figur 7 visar en principskiss på hur en solcellsanläggning kan vara uppbyggd.



Figur 7: Systemskiss möjliga ingående komponenter i en solcellsanläggning. Källa: MSB.<sup>3</sup>

### 3.2.4 Tillval

För att undvika skuggning av solceller kan de installeras med solföljare eller optimerare.

#### 3.2.4.1 Solföljare

För att öka elproduktionen kan solcellsmoduler monteras på stativ med en eller två axlar, för att följa solen under dagen samt för tvåaxlade system även att följa variationer under året. Solföljarsystemet innebär en dyrare investering och de många rörliga delarna innebär också ett ökat underhållsbehov och därmed mer kostnader.<sup>4</sup> Fördelen med solföljarsystemet är att elproduktionen blir högre.

Solföljare är ovanligt i Sverige eftersom det sällan är lönsamt. I Sverige är ljuset ofta diffust, till följd av mycket molnighet, vilket innebär att solinstrålningen sprids jämnt i atmosfären och därmed når solcellerna även när solens vinkel inte är optimal mot solcellsytan. Detta till skillnad från platser med övervägande klart väder, som har mer direkt ljus, vilket ger större effekt av solföljaren. Globalt används därför ofta solföljare vid storskaliga solcellsparkar.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/soleportalen/lar-dig-mer-om-solceller/solcellsparkar/> [2021-09-30]

<sup>3</sup> <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/28805.pdf> [2021-09-28]

<sup>4</sup> <https://www.mdh.se/download/18.1112efe616fe8dd0586608f7/1582286650375/Utv%C3%A4rdering%20av%20Sveriges%20f%C3%B6rsta%20MW-solcellspark.pdf> [2021-09-02]

<sup>5</sup> <https://www.solcellskollen.se/blogg/hur-funkar-solfoljare-och-i-vilka-fall-ar-de-motiverade> [2021-09-02]

I denna utredning har inga beräkningar gjorts på solceller monterade på solföljare eftersom underhållsbehovet gör att investeringen inte är lönsam.

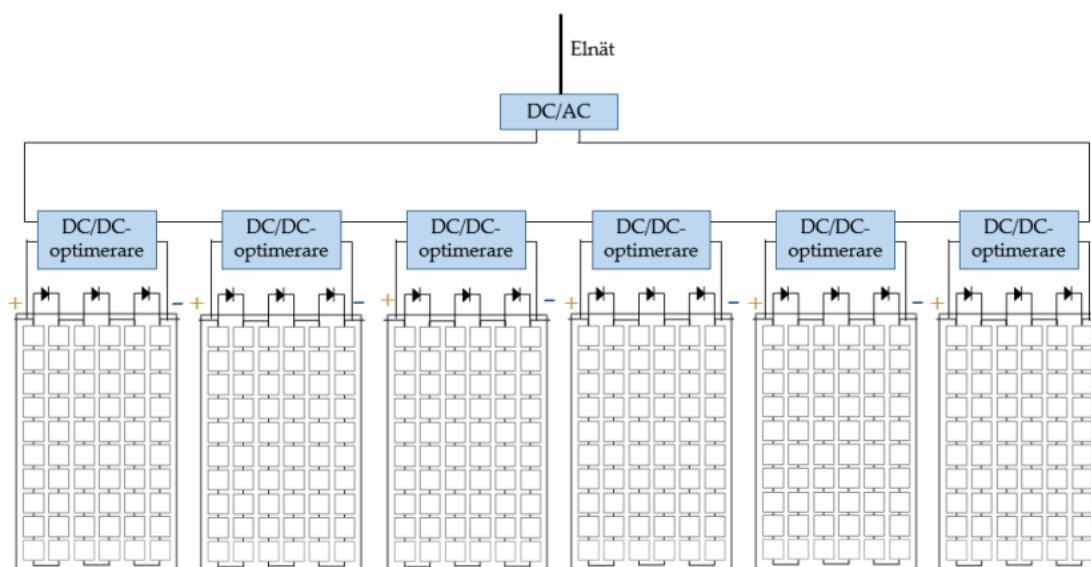
### 3.2.4.2 Optimeringsutrustning

Optimeringsutrustning är elektroniska system vars syfte är att minimera förluster vid skuggning och annan obalans i solcellssystemet. Vanligtvis finns funktionen inbyggd i solcellsmoduler med så kallade bypass-dioder och i växelriktare med effektoptimerare - även kallad MPPT (Maximum Power Point Tracker).

En solcellsmodul kan ha en eller flera bypass-dioder. I en vanlig kiselmodul finns oftast 60 celler som fördelas på tre seriekopplade slingor med varsin bypass-diod. Bypass-dioden kan koppla bort sin slinga om den skuggas, så att inte de andra slingorna begränsas.

Flera solcellsmoduler seriekopplas till en sträng som ansluts till en MPPT i växelriktaren. Alla solceller på samma sträng kommer då att arbeta vid samma maxeffektpunkt. Det innebär att om någon slinga på strängen skuggas, kommer effekten i hela strängen att minska.

För att minimera effekten av skuggning finns optimerare även på modulnivå, där moduloptimeraren styr en enskild modul eller en mindre grupp av moduler, Figur 8. Det är framförallt vid splittrade skuggor, till exempel från ett träd, som det fyller en funktion. För skarpa skuggor, som från kanter, är det ibland verkningslöst.



Figur 8. Principskiss över sex solcellsmoduler med varsin moduloptimerare. Varje modul har 60 celler som är seriekopplade i tre slingor med varsin bypassdiod. (Bild: Energiforsk<sup>6</sup>)

En annan fördel med moduloptimerare är att spänningen på likströmskablagen på taket kan begränsas till 0,5-1 V/modul vid fränkoppling av växelriktaren om brand eller annan nödsituation skulle uppstå.

Nackdelen är att moduloptimerare innebär fler komponenter och därmed högre kostnader och risk att något går sönder.<sup>7</sup> Dessutom har det förekommit fall där optimerare inte varit elektromagnetiskt kompatibla med radiokommunikation vilket kan leda till störningar av viktiga samhällsfunktioner. Det är dock möjligt att

<sup>6</sup> <https://energiforsk.se/media/28623/skuggningshandbok-energiforskrappport-2017-385.pdf> [2021-09-30]

<sup>7</sup> <https://energiforsk.se/media/28623/skuggningshandbok-energiforskrappport-2017-385.pdf> [2021-09-30]

konstruera optimeringsutrustning med låg störningsnivå och därför är det viktigt att säkerställa att alla komponenter i solcellsanläggningen är CE-märkta och att en behörig elinstallatör utför arbetet.<sup>8</sup>

### 3.2.5 Säkerhet solcellsanläggningar

Vid en nödsituation eller kritisk händelse är det viktigt att kunna stänga av solcellssystemet eftersom det generellt är strömförande då solen belyser solcellsmodulerna.

Ett alternativ till att installera moduloptimerare är en s.k. brandkårsbrytare. Brandkårsbrytare till solcellsanläggningar är ingen definierad produkt men generellt avses en möjlighet att bryta likströmskablager mellan växelriktare och solcellsmoduler på tak. Denna typ av lösning används framförallt då växelriktare behöver placeras långt ifrån taket, exempelvis i elcentral på bottenplan.

Installation av optimerare ses som en säkerhetshöjande åtgärd på grund av möjligheten att begränsa spänningen på likströmskablager då växelriktaren fränkopplas.

Det finns idag ingen standard för hur avstängning ska utformas och därför är det viktigt med tydlig skyltning och lättillgänglig dokumentation av systemet så att räddningstjänst eller andra kan agera effektivt och korrekt i en kritisk situation.<sup>9</sup>

Tidig kontakt och kommunikation med den lokala räddningstjänsten rekommenderas i alla solenergiprojekt oavsett omfattning.

### 3.2.6 Klimatpåverkan solceller

De klimatneutrala produktionsmetoder som ingår i denna utredning producerar el utan att avge växthusgaser. Däremot är råvaruutvinning, produktion, installation, underhåll, nedmontering och materialåtervinning förenade med utsläpp av växthusgaser.

I en rapport från RISE år 2021 sammanställs kunskapsläget kring klimatpåverkan från solceller. Slutsatserna är att klimatpåverkan från elen som används vid tillverkning av solcellsmoduler har stor betydelse för modulens slutliga klimatpåverkan. Och vid jämförelse av samma solcellsteknologi är moduler med högre verkningsgrad och högre elproduktion att föredra ur klimatsynpunkt, exempelvis dubbelsidiga moduler. Däremot kan solcellsteknologier med lägre verkningsgrad vara bättre ur klimatsynpunkt om de är mer climateffektiva, vilket är fallet för tunnfilmssolceller i förhållande till kiselbaserade solceller.<sup>10</sup>

### 3.2.7 Jämförelse solcellsinstallation på tak- eller mark

Solcellsinstallationer på tak lämpar sig om taket och stommens livslängd överstiger den förväntade livslängden på solcellsanläggningen, vanligtvis 30 år.

En solcellsinstallation på tak kräver också att takets hållfasthet utreds av konstruktör, vilket krävs i Boverkets byggregler, BBR. Vidare behöver hänsyn tas till skuggande objekt på tak såsom ventilationshuvar, avluftare, snörasskydd m.m. Från solcellsanläggningen behöver också ett avstånd till snörasskydd tillses för att skydden ska ha bibehållen funktion, vilket regleras av taksäkerhetskommittén.

<sup>8</sup> <https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/vi-arbetar-med/EMC/> [2021-09-30]

<sup>9</sup> <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/28805.pdf> [2021-09-30]

<sup>10</sup> <http://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1596801/FULLTEXT01.pdf> [2021-10-06]

På mark behöver dessa aspekter inte tillgodoses utan istället behöver marken förberedas så att det går att montera ställningar till solcellsmodulerna som håller över 30 år. Vid etablering av solceller på mark förekommer därför olika utmaningar beroende på var installationen är tänkt att placeras. Vegetationen kring parken behöver i många fall underhållas genom gräsklippning och hänsyn behöver även tas till växande skog som kan skugga solcellsparken.

En solcellsanläggning är relativt underhållsfri oavsett om den sitter på ett tak eller på marken. Normalt behöver inte snö tas bort från vare sig mark- eller takanläggningar. Under vintern producerar solcellerna ändå inte mycket el och när vårsolen börjar värma glider snön av panelerna.<sup>11</sup> För takanläggningar innebär snöriset en säkerhetsrisk vilket kan minimeras med ett väl dimensionerat takrasskydd.<sup>12</sup> Det kan finnas behov av att skotta snö från en takanläggning vid stora snömängder för takets och panelernas hållfasthet. Det ska då skottas med stor försiktighet för att inte skada kablage eller panelerna.<sup>13</sup>

### 3.3 Vindkraft

På 1980-talet startade teknikutvecklingen för att producera el från vinden. Sedan dess har utvecklingen gått snabbt framåt, mot allt större verk och som kan producera alltmer energi per installerad effekt.

Ett vindkraftverk består av ett fundament, torn, maskinhus och rotor. Maskinhuset och rotorn sitter högst upp på tornet och när vinden blåser börjar rotorn att snurra och i maskinhuset finns en turbin och generator som då producerar el.

I början av 2000-talet hade vindkraftverken en effekt kring 0,8 MW medan de som togs i drift år 2020 hade en effekt på ca 4,2 MW med en tornhöjd på 110 m och rotordiameter på 140 m.<sup>14</sup> För landbaserade vindkraftverk som byggs idag förekommer turbinstorlekar på 4–6,5 MW och för havsbaserade vindkraftverk ännu större.

Med ökad turbinstorlek måste också rotorlängd och tornhöjd öka. Med ökad tornhöjd nås starkare vindar och en ökad rotorlängd gör att svep-arean ökar kvadratisk vilket sammantaget gör att energiproduktionen ökar exponentiellt. Ett vindkraftverk på 6 MW producerar ca 60-70 % mer energi än ett hälften så stort vindkraftverk. Därför är det vanligast att bygga så stora vindkraftverk som möjligt idag, där 6,5 MW är det mest förekommande. I de fall där Länsstyrelsen i tillståndsprövningen ställer krav på begränsad tornhöjd måste också turbinstorleken minskas, varför det fortfarande etableras mindre verk, trots att de producerar mindre energi per installerad MW. Ett vindkraftverk på ca 6,5 MW producerar ca 20 000 MWh årligen.<sup>15</sup>

Etablering av vindkraft kräver kapacitet i det kringliggande elnätet. Till en vindkraftsanläggning behöver nya ställverk och transformatorstationer byggas, vilka ska försörjas med kablage från nätstationer som inte alltid är närliggande.

<sup>11</sup> <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/drift-och-underhall-av-din-solcellsanlaggning/> [2021-10-06]

<sup>12</sup> [https://www.taksakerhet.se.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2019/10/Sartryck-branschregler\\_7-okt-2019.pdf](https://www.taksakerhet.se.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2019/10/Sartryck-branschregler_7-okt-2019.pdf) [2021-10-06]

<sup>13</sup> <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/drift-och-underhall-av-din-solcellsanlaggning/> [2021-10-06]

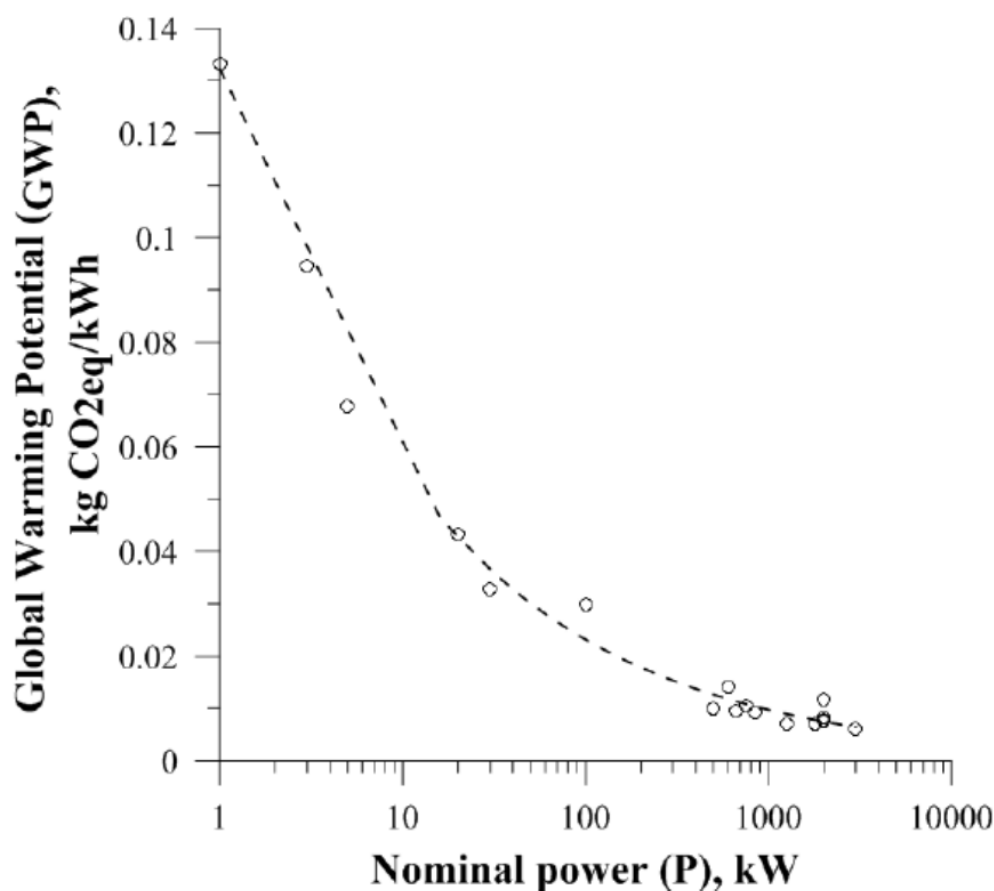
<sup>14</sup> <https://svenskvindenergi.org/vindkraft/fragor-och-svar> [2021-10-06]

<sup>15</sup> <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2020/12/Ny-vindkraft-2017-2023-2020-12-02.pdf> [2021-10-06]

I Sverige byggs vindkraftverk ofta på skogsmark där höga vindkraftverk krävs. I många andra länder placeras kraftverken ofta på åkermark vilket gör att lägre höjder tolereras.<sup>16</sup>

### 3.3.1 Klimatpåverkan vindkraft

Likt solceller har vindkraften inga utsläpp av växthusgaser när den producerar el. Däremot är övriga stadier i vindkraftverkens livscykel förenade med växthusgasutsläpp. Eftersom elproduktion från vindkraft generellt ökar mer än linjärt med ökad storlek på vindkraftverket innebär det att kraftverkens klimatpåverkan per producerad kWh generellt minskar med större verk, se Figur 9.<sup>17</sup>



Figur 9. Klimatpåverkan från vindkraftsel (uttryckt i global warming potential, GWP, i enheten kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent/kWh) i relation till turbinens storlek (uttryckt i märkeffekt, i enheten kW). (Bild: Energimyndigheten)

## 3.4 Vågkraft

Det finns flera olika metoder för att utvinna energi från havet; bland annat från vågor, havsströmmar och skillnader i temperatur eller salthalt. I Sverige är vågkraft den havsenergiteknik som har bäst förutsättningar i dagsläget.<sup>18</sup>

<sup>16</sup> <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/lagesrapporter/elmarknaden/2019/vindkraftens-teknik--och-kostnadsutveckling.pdf> [2021-10-12]

<sup>17</sup> [http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning\\_slutversion-20210127.pdf](http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf) [2021-10-12]

<sup>18</sup> <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hav/maritima-naringar/energiproduktion/> [2021-10-12]



Vågkraft har inte nått någon större kommersiell skala hittills. Sedan 1970-talet pågår olika forskningsprojekt runt om i världen med olika typer av tekniker för att ta vara på energi från havsvågor. De tekniker som är eller har varit nära att nå kommersialisering är attenuatormetoden, översköljningsmetoden och inverterad pendel.<sup>19</sup> Det har även pågått ett forskningsprojekt utanför Lysekil där metoden punktabsoberande system använts.

### **Attenuatormetoden**

Metoden innebär att långa, ledade, flytande kroppar kommer i rörelse av havsvågorna, och då driver någon form av elgenererande system, som exempelvis en hydraulisk pump. Konceptet Pelamis, se Figur 10, från Skottland utvecklade sin första fullskaliga prototyp år 2004, vilken vidareutvecklades till en ny demonstrationsprototyp som år 2010 såldes till E.ON UK och installerades i Orkney. Vågkraftverket testades i tre år och gick sedan tillbaka i företaget Pelamis ägo och är numera nedmonterad. Däremot har ett nytt Pelamis-kraftverk uppförts i Orkney och ägs av Orkney Islands Council.<sup>20</sup> Även Vattenfall hade planer att investera i Pelamis men drog sig ur 2015 på grund av att tekniken drogs med stora kostnader och att Pelamis drabbades av ekonomiska problem.<sup>21</sup>



Figur 10. Pelamis som nyttjar attenuatormetoden för att ta vara på havsvågors energi (Bild: Pelamis)

### **Översköljningsmetoden**

Översköljningsmetoden innebär att vågor sköljer över kanten till en reservoar som då får högre lägesenergi än medelvattennivån i havet. Vattnet leds sedan till en vattenturbin som genererar el. Wave Dragon är ett danskt koncept som testades i full skala år 2003-2011, och nu planerar företaget projekt i Wales och Portugal.

### **Inverterad pendel**

Metoden Inverterad pendel innebär att en inverterad pendel fästs vid havsbotten och att pendelns ände når upp till havsytan. Pendelns rörelse driver en hydraulisk pump som pumpar högt trycksatt vätska in mot land via ledningar längs med havsbotten. Konceptet Wave Roller har ett fullskaligt kommersiellt vågkraftverk utanför Portugal.

### **Punktabsoberande system**

Metoden för punktabsoberande system har samma princip som attenuatorsystemet men istället för långa flytkroppar är det en flytande boj som kommer i rörelse av vågorna. I tekniken som företaget Seabased använts i Lysekilsprojektet är bojen fäst i en linjärgenerator som sitter fast i havsbotten. Seabaseds dotterbolag i Lysekil har gått i konkurs men företaget fortsätter med produktutveckling i Norge.

<sup>19</sup> <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9039373&fileId=9039376> [2021-10-12]

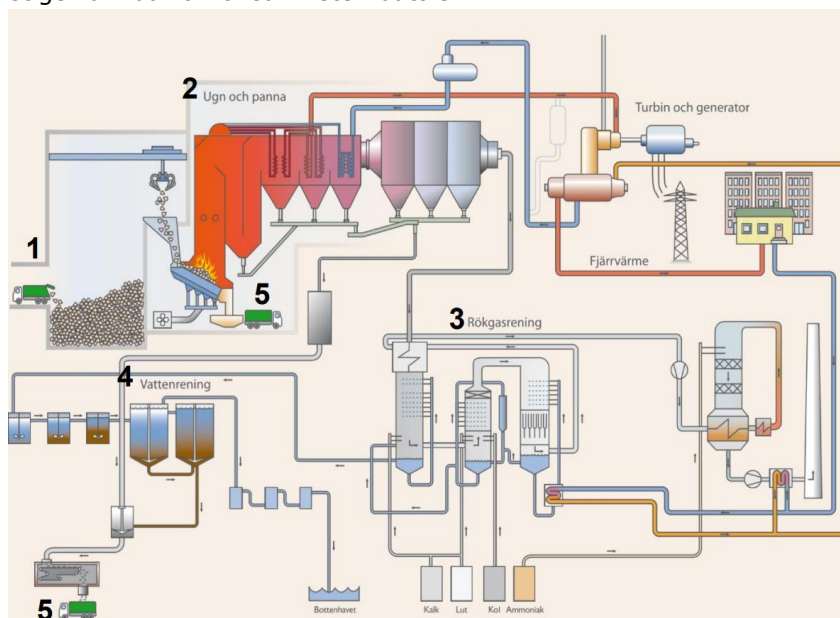
<sup>20</sup> <http://www.emec.org.uk/about-us/wave-clients/pelamis-wave-power/> [2021-09-10]

<sup>21</sup> <https://sverigesradio.se/artikel/6094886> [2021-09-10]

### 3.5 Kraftproduktion från bibränslen

Förbränning av bibränslen, såsom skogsavfall, biogas och biodrivmedel, kan användas för produktion av förnybar el. I Tyskland producerades ca 50 000 000 MWh el från bibränslen under 2015, främst i större kraftvärmeverk såsom de vi har i Sverige, se Figur 11.<sup>22</sup> I Sverige kommer ca 9 % av den producerade elen från kraftvärme.<sup>23</sup>

I ett kraftvärmeverk blir ca 20–40 % av energin i bränslet el och resten värme. Den totala verkningsgraden i ett kraftvärmeverk är 90–93 % och anger hur stor andel av energin i bränslet som blir till användbar el och värme. Resten av energin är bunden i rökgaserna. Med rökgaskondensering kan energin i rökgaserna tas till vara vilket möjliggör en verkningsgrad på 100 %. Eftersom värmeleveranser är primärt för de fjärrvärmebolag som äger kraftvärmeverk beror elproduktionen av värmebehovet hos fjärrvärmekunderna. Dessutom har låga elpriser de senaste åren inneburit att lönsamheten för elproduktion i kraftvärmeverk har minskat vilket lett till att fjärrvärmeaktörer valt att nyinvestera i värmeverk utan nyproduktion.<sup>24</sup> Om elpriserna stiger blir därför lönsamheten bättre.



Figur 11. Processchema över Korstaverkets panna F5. (bild: Sundsvall Energi)

Enligt Fossilfritt Sveriges strategi för fossilfri konkurrenskraft för bioenergi kommer priset på bioråvara att öka till följd av ökad efterfrågan från industri- och transportsektorn. Det leder till att fjärrvärmesektorn kommer att söka sig mot andra billigare energikällor, såsom spillvärme från nya segment av industri, exempelvis datacenter och biodrivmedelsproduktion.<sup>25</sup>

Lokalt går det även att producera el och värme via exempelvis gasmotor eller gasturbin som drivs med biogas. Detta sker ofta på reningsverk och biogasanläggningar som ett sätt att nyttja överskottsgas. På samma sätt som många reservkraftaggregat idag drivs med diesel kan dessa också drivas med biodrivmedel

<sup>22</sup> <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/bioenergy-germany-facts-and-figures-development-support-and-investment> [2021-09-10]

<sup>23</sup> <https://www.energiforetagen.se/energifakta/kraftvarme/> [2021-09-24]

<sup>24</sup> <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=9042797&fileOId=9042800> [2021-09-30]

<sup>25</sup> [https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning\\_webb.pdf](https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf) [2021-10-04]

och på så vis producera el via förnybara energikällor. Sådana system har likt kraftvärme låg verkningsgrad för enbart elproduktion men då även värmen tillvaratas ökar systemverkningsgraden.

### 3.6 Energilager och klimatneutral elproduktion

Eftersom vi inte kan styra när solen ska lysa eller vinden ska blåsa, matchar inte alltid klimatneutral elproduktion med elbehovet. För elnätet kan det under korta tidsperioder innebära problem med elkvalitet medan det för en byggnad innebär att elen måste säljas till nätet istället för att användas i byggnaden. Genom att använda ett energilager kan elen istället lagras och användas senare när elbehovet ökar eller för att upprätthålla god elkvalitet.

Ett energilager i en byggnad kan användas för att öka användningen av egenproducerad el eller för att undvika kostnader för el och/eller effekt i inköp från nätet. Nyttan med att använda energilager i ett elnät kan vara att upprätthålla bra elkvalitet eller att minska effekttoppar i nät med kapacitetsbrist.<sup>26</sup>

I byggnader kan olika typer av batterier ofta användas för att hantera dygnsvariationer mellan elproduktion och elbehov medan det för säsongvariationer kan vara lämpligare med vätgas.<sup>27</sup>

Med ökad intermittent elproduktion i elnätet ökar också behovet att upprätthålla frekvens och elkvalitet. Det kan göras med energilager med snabb responstid. Därför lämpar sig tekniker som pumpvattenkraft, tryckluft, svänghjul, kondensatorer och SMES (magnetiska energilager med hjälp av supraledare) även batterier.<sup>28</sup>

För att lagra el måste den omvandlas till en annan energiform. Detta kan göras med mekaniska, elektriska, elektrokemiska eller kemiska energilagringstekniker, se Tabell 3.

Tabell 3. Exempel på olika tekniker för lagring av elenergi.<sup>29</sup>

Mekaniska	Elektriska	Elektrokemiska	Kemiska
Pumpvattenkraft	SMES*	Litiumjonbatterier	Vätgas
Tryckluft	Kondensatorer	Natrium-svavel batteri	Syntetisk naturgas
Svänghjul		Flödesbatterier	Andra kemikalier
		Saltvattenbatterier	
		Metallhydridbatterier	
		Blybatterier	

\*Magnetiska energilager med hjälp av supraledare

Vilken teknik som lämpar sig bäst för energilagring beror på tillämpningen, miljö- och säkerhetsmässiga hänsynstagande och marknadsläget.

Här följer en kortare teknisk beskrivning av de energilagringstekniker som kan vara aktuella.

<sup>26</sup> <https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/rapporter/elsak-rapport-informationsbehov-och-elsakerhetskrav-vid-energilagring-av-el.pdf> [2021-09-16]

<sup>27</sup> <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagval-el-lagring.pdf> [2021-09-16]

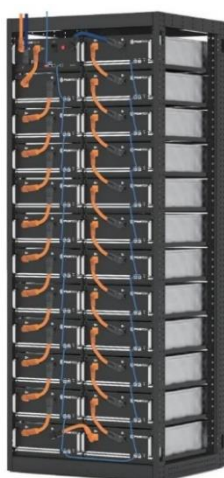
<sup>28</sup> <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagval-el-lagring.pdf> [2021-09-16]

<sup>29</sup> <https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/rapporter/elsak-rapport-informationsbehov-och-elsakerhetskrav-vid-energilagring-av-el.pdf> [2021-09-16]

## Batterier<sup>30 31</sup>

Principen för batterier är att elektrisk energi lagras som kemisk energi i batteriet och när det sedan finns ett elbehov omvandlas energin återigen till el. Ett batterilager består ofta av flera battericeller, där varje cell är uppbyggd av två elektroder (anod och katod) och en elektrolyt. Vilka material som används för dessa varierar mellan olika batteritekniker och beskrivs senare i detta avsnitt. För att styra batteriet effektivt och säkert behövs även ett styrsystem, Battery Management System (BMS).

Batterier kan användas både i liten skala för byggnader, se Figur 12, och fordon, men kan även kopplas ihop modulärt till större system som stöttar ett lokalt elnät, se Figur 13.



Figur 12. Litiumjonbatteri från PylonTech, 81 kWh/36 kW, som lämpar sig för ett flerbostadshus. (Bild: Solelgrossisten)



Figur 13. Sveriges största energilager, 20 MWh/5 MW, finns i Uppsala och ägs av Vattenfall. Batterilagret används när elnätets kapacitet inte räcker till vid hög efterfrågan på el. (Bild: Vattenfall)

<sup>30</sup> <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vaqval-el/vaqval-el-lagring.pdf> [2021-09-16]

<sup>30</sup> <https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/rapporter/elsak-rapport-informationsbehov-och-elsakerhetskrav-vid-energilagring-av-el.> [2021-09-16]

<sup>31</sup> <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vaqval-el/vaqval-el-lagring.pdf> [2021-09-16]

Vid val mellan uppladdningsbara batteritekniker är det viktigt att ta hänsyn till batteriets egenskaper och funktion, såsom: hur mycket energi batteriet kan lagra (kapacitet), antal urladdningscykler under livslängden, hur snabbt batteriet kan laddas ur (urladdningshastigheten), hur mycket av totalkapaciteten som batteriet kan leverera (urladdningsdjupet). Andra faktorer som varierar mellan de olika teknikerna är ekonomi, miljö och säkerhet. Tabell 4 visar en sammanställning av olika batteritekniker utifrån ett antal parametrar.

För en byggnad kan batterilagret placeras i ett teknikutrymme i byggnaden eller i en egen extern byggnad, vanligtvis en container. Placeras batterilagret i en extern container utomhus kan utrymmet behöva uppvärmning, kyla och ventilation, beroende på vilken batteriteknik som tillämpas. Litium-jonbatterier är temperaturkänsliga och omgivningen måste hålla 5-40 °C. Även saltvattenbatterier ställer krav på -5-50 °C omgivande temperatur. För litiumjon- och blysyrebatterier måste det även finnas tillräcklig ventilation för att evakuera giftiga gaser vid fel. För att säkra att utrymmet för batterilagret upprätthåller tillfredsställande temperatur och ventilation rekommenderas ett varningssystem eller återkoppling till batterilagrets kontrollsystem.

Tabell 4. Sammanställning av olika batteritekniker och deras egenskaper.

Batterityp	Litiumjon	Natrium-Svavel	Nickel-Metall-hydrid	Blysyra	Saltvatten	Flödesbatteri (vanadin)
<b>Kapacitet</b>	Låg	Låg	Medel	Medel	Hög	Hög
<b>Energitäthet Wh/kg</b>	120-300	60	75-80	25-25	108	40
<b>Cykler/livslängd</b>	2000-3000	2500	2000	1000	5000	1000
<b>Urladdningshastighet</b>	Snabb	-	Medel	Låg	Medel	Medel
<b>Urladdningsdjup %</b>	80	100	-	50-80	80	5-95
<b>Verkningsgrad</b>	85-95 %	70-90 %	-	75-85 %	90 %	60-70 %
<b>Säkerhet</b>	Explosionsrisk	Explosionsrisk	Säker	Explosionsrisk	Säker	Säker
<b>Miljö/råvarutillgång</b>	Kritisk gruvdrift/ Kritisk tillgång (litium)	99 % återvinningsbar Natrium – farligt avfall	Helt återvinningsbar	Giftigt, frätande	Vissa typer har kritisk metalltillgång (titan)	Kritisk tillgång (vanadin)
<b>Omgivande temperatur</b>	5-40 °C	-	-10 – 40 °C	-20 – 50 °C	-5 – 50 °C	-40 – 50 °C

### **Litiumjonbatteri**

Litiumjonbatterier är den mest använda batteritekniken i världen och används i datorer, mobiltelefoner, elfordon och för lagring av förnybar el. I jämförelse med andra batteritekniker har litiumjonbatterier en hög energitäthet och lång livslängd.

Litiumjon är ett samlingsnamn för batterier med litium och någon jonvariant, till exempel: koboltoxid, mangandioxid, järnfosfat eller nickel-kobolt-aluminiumoxid.

Nackdelar med batteritekniken är att det finns en risk för så kallad termisk rusning då batteriet överhettas eller överladdas. Termisk rusning innebär att battericellens energi frigörs okontrollerat vilket kan leda till mycket svårsläckta bränder. En annan nackdel är att litium finns i begränsad tillgång och ofta i odemokratiska länder. Det leder till höga priser och att gruvdriften kan innebära stor social påverkan lokalt. Gruvdriften kan också innebära allvarig miljöpåverkan lokalt. Detta gäller även kobolt, som förekommer i några av jon-typerna. Det finns viss återvinning av batterierna redan idag men det behöver utvidgas och effektiviseras.

### **Natrium-svavelbatteri**

En annan ledande teknik för energilagring är natrium-svavelbatterier, som har något högre specifik energi än litiumjonbatterier. Batteriet består av flytande natrium (katod) och svavel (anod) som skiljs åt av fast aluminium som agerar elektrolyt.

En nackdel med tekniken är att flytande natrium behöver vara 300-350 °C för att fungera, vilket ställer höga krav vid användningen och innebär en explosionsrisk i kontakt med vatten. Därför används inte batteritypen idag för energilagring vid byggnader utan endast inkopplad direkt till elnätet. Men det pågår forskning för att minska riskerna med de höga temperaturerna.

### **Nickel-metallhydridbatteri**

I nickel-metallhydridbatterier består den ena elektroden av nickeloxidhydroxid och den andra av en metallhydrid, vanligtvis kaliumhydroxid.

Till skillnad från de flesta andra batteritekniker kan inte Nickel-metallhydridbatterier fatta eld eller explodera och batteriet klarar både höga och låga temperaturer. De ingående metallerna bryts i mer demokratiska länder än många andra batterimetaller och det finns tillverkning i Sverige. Tekniken har dessutom en lång livslängd samt är ofta helt återvinningsbar.

### **Blysyrabatteri**

Blysyrabatteriets celler består av två blylegerade elektroder och elektrolyt i form av svavelsyra. Blybatterier är den mest mogna och billiga batteritekniken och används traditionellt i bilar med förbränningsmotor samt i större skala som reservkraft och i telekommunikationssystem. Batteriet har låg energidensitet och lämpar sig därför för fasta installationer i elnätet för frekvens- och spänningsreglering samt ökad elkvalitet.

Nackdelar med batteriet är att bly är giftigt och svavelsyra starkt frätande. Batteriet är också temperaturkänsligt, vilket innebär en explosionsrisk då temperaturen varierar.

### **Saltvattenbatteri**

Saltvattenbatteriet är en relativt ny batteriteknik som utvecklats för att vara miljövänligt, giftfritt, säkert och underhållsfritt.

Batteriets celler består av en elektrod av manganoxid och en av koltitanfosfat och elektrolyt i form av saltvatten (natriumsulfatlösning). Andra ingående komponenter är en separerare i bomull och elektronfångare av rostfritt stål.

### Flödesbatteri

Flödesbatterier skiljer sig från de andra batteriteknikerna på så sätt att energin lagras kemiskt i elektrolyten istället för en elektrod. Flödesbatteriet har två elektrolyter som lagras i tankar, vilket möjliggör stor kapacitet eftersom själva energilagret separeras från energiomvandlingsprocessen. Det är därför enkelt att ändra egenskaper som lagringskapacitet och strömstyrka genom att bara ändra volym på elektrolyten och antalet battericeller.

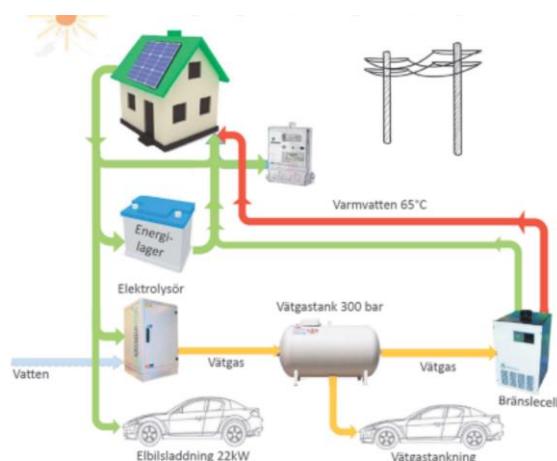
Energiomvandlingsprocessen innebär att de två elektrolyterna passerar ett reaktionsmembran, vilket resulterar i vätejoner som genererar el. Det finns också en hybridvariant där den ena elektrolyten redan finns i membranet.

Fördelar med tekniken är förutom möjligheten till hög kapacitet även att den har hög verkningsgrad och kan möjliggöra hög kapacitet. Nackdelar är att den har låg energidensitet, ställer krav på den omgivande temperaturen samt riskerar läckage och dyrt underhåll. Flödesbatterier innehåller även ofta vanadin som finns i begränsad tillgång och är dyr.

### Vätgas

För att använda vätgas som energilager behövs flera olika komponenter. Första komponenten är en elektrolysör där elen används för att spjälka avjoniserat vatten och bilda vätgas. Därefter förs gasen till ett lagringsutrymme. När det sedan är dags att producera el från lagringen används en bränslecell där vätgasen reagerar med syre för att bilda vatten och samtidigt producerar el. Därtill kan det behövas annan kringutrustning, som exempelvis en kompressor, för att komprimera vätgasen vid lagring, se

Figur 14.



Figur 14. Systemskiss över ett möjligt vätgassystem. (Bild: HBV<sup>32</sup>)

Totalt har vätgassystem (inklusive elektrolysör, kompressor och bränslecell) en elektrisk verkningsgrad på knappt 30 %. Forskning pågår för att höja verkningsgraden på elektrolysörer (60-80 %) och bränsleceller (idag ca 60 %). Med bättre

<sup>32</sup> [https://www.hbv.se/contentassets/5c2b43290a84481dbe13cc197ebee3d/energisystem-vaetgas-hbv\\_200309.pdf](https://www.hbv.se/contentassets/5c2b43290a84481dbe13cc197ebee3d/energisystem-vaetgas-hbv_200309.pdf) [2021-09-21]

verkningsgrad bland ingående komponenter kommer även systemverkningsgraden att öka.

Att lagra vätgas innebär stora utmaningar. Gasen tar stor plats vid lagring och är dessutom brandfarlig och explosiv. Därav krävs tillstånd för hantering av vätgas och vid tillståndsansökan görs en riskanalys.

Vätgas lagras vanligtvis i gasform i tryckkärl vid 200–700 bar.<sup>33</sup> Det skulle krävas ett mycket stort antal kärl för att tillgodose typiska säsongsvariationer för en till exempel en skola och ännu större proportioner för att tillgodose flera byggnader eller som energilager direkt mot elnätet.

Vätgas kan också kylas ned till -253 °C då den blir flytande och kan lagras i kryotankar. Men kylningen kräver då energi i sig och minskar verkningsgraden ytterligare.

En annan metod som kan vara aktuell är att vätgasen lagras i så kallade metallhydrider under tryck, vilket ger ett högt energiinnehåll.

Pilotprojektet HYBRIT, som ägs av SSAB, LKAB och Vattenfall, syftar till att producera fossilfritt järn och stål genom att använda vätgas som reduktionsmedel till järnmalmen istället för koks. I projektet ska en pilotanläggning för lagring av vätgas byggas i ett berggrum vilket planeras till år 2022. Lagret ska placeras 30 m ner i berggrunden och rymma 100 kubikmeter. Denna teknik har inte tidigare tillämpats för vätgas.<sup>34</sup>

### 3.7 Elnätets kapacitet

Vid planering av den geografiska platsen för ny klimatneutral elproduktion är det viktigt att ta hänsyn till det lokala elnätets kapacitet. Detta eftersom det kan uppstå problem som störningar och skador på både elnätets kablar, komponenter och nätansluten utrustning.<sup>35</sup>

När lokal elproduktion matas ut på det lokala elnätet ökar spänningsnivån i nätet, vilket kan leda till överspänningar som kan skapa störningar, slitage eller haveri på utrustning ansluten till elnätet. Detta är framförallt ett problem som kan uppstå på landsbygden när intermittenta elproduktionskällor ansluts, eftersom den låga elkonsumtionen på landsbygden innebär en låg marginal mot spänningsökningar. I städer och tätorter är oftast elkonsumtionen hög vilket ger en större marginal mot överspänningar.

I städer och tätorter kan istället överströmmar ställa till problem, när elbehovet är högt och lokala produktionsanläggningar samtidigt matar ut el på nätet. Om effekten blir högre än vad ledningarna är dimensionerade för, kan det leda till överhettning och skador på kablar och komponenter.<sup>36</sup>

Intermittent kraftproduktion genom exempelvis vindkraft eller solexel ökar belastningen på nätet vissa tider om året. För en solcellsanläggning är produktionen som högst sommartid, se Figur 15.

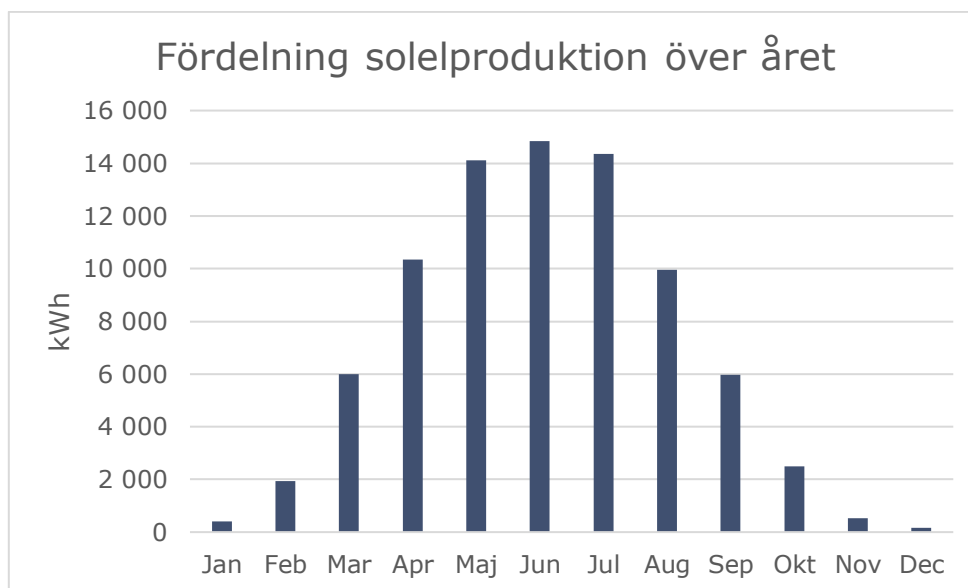
<sup>33</sup> <https://www.energiqas.se/fakta-om-gas/vatgas/produktion-och-distribution/> [2021-09-03]

<sup>34</sup> <https://vartlulea.se/arkiv/tillvaxt/luleablirpilotforvatgaslagring.5.3140ac03178b0693daa1daa.html> [2021-10-06]

<sup>35</sup> <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/23047/utbyggnad-av-solel-i-sverige-energiforskrappport-2017-376.pdf> [2021-10-06]

<sup>36</sup> <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/23047/utbyggnad-av-solel-i-sverige-energiforskrappport-2017-376.pdf> [2021-10-06]

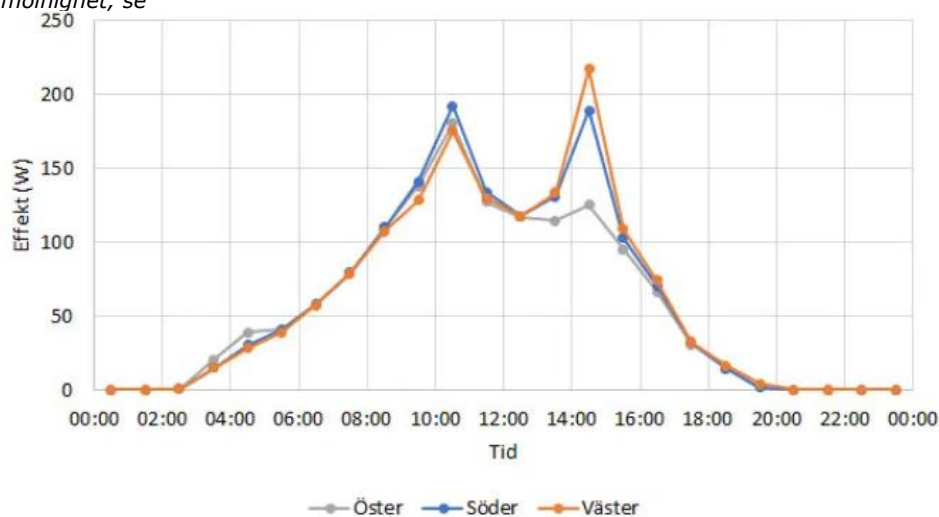




Figur 15: Exempel på fördelning av solelproduktion över året, 100 kW solcellsanläggning simulerad mot söder uppvinklad 15 °.

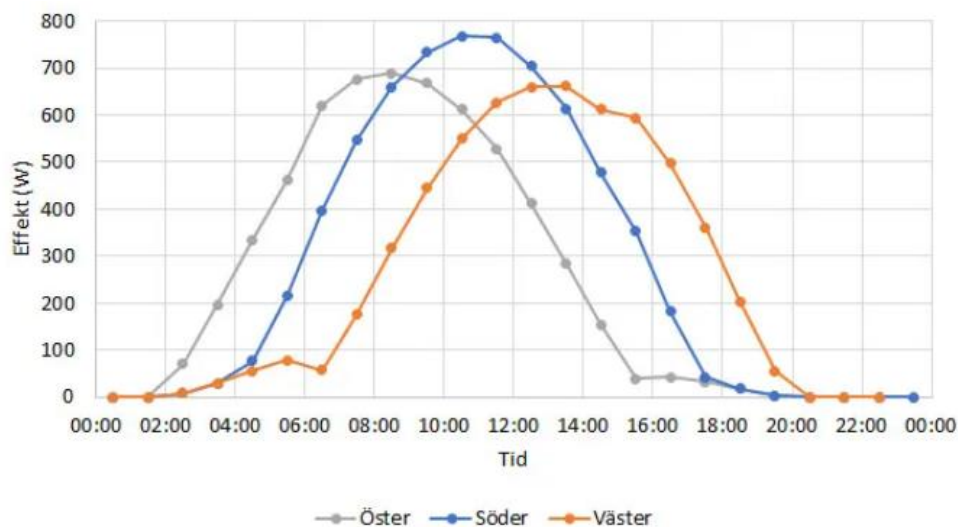
Detta innebär att med ökat antal solcellsanläggningar sammanlagras produktionen till att främst inträffa under månaderna maj till juni, vilket innebär ökade spänningsvariationer denna tid.

Solel i elnätet varierar även under ett dygn eftersom det bara produceras då solen lyser, se Figur 16. Solelproduktion från 1 kW solceller på 27 ° taklutning i tre olika riktningar (öster, söder, väster), en solig sommardag. Dessutom kan det förekomma snabba förändringar vid växlande molnighet, se

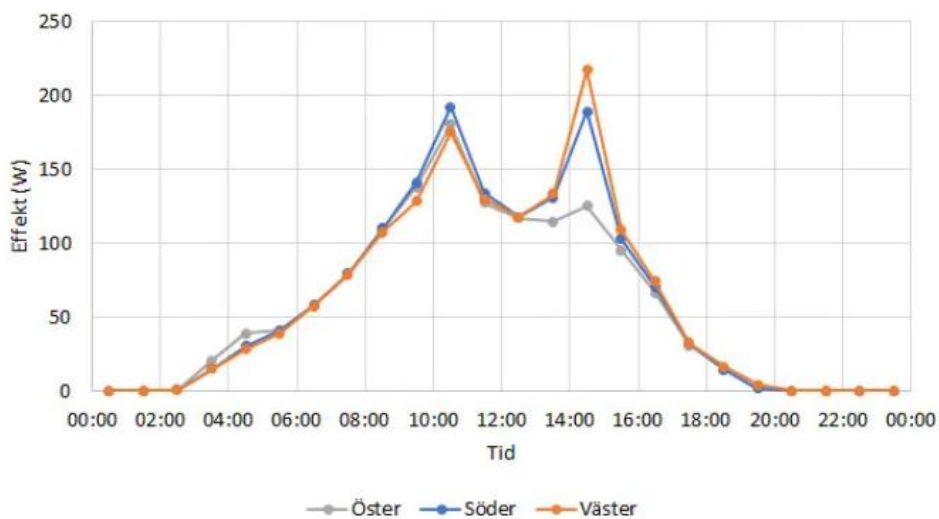


Figur 17, vilket kräver reglering för att upprätthålla bra elkvalitet. Motsvarande variationer förekommer även vid elproduktion med vindkraft och beror då på vindhastigheter, som både har säsongvariationer (blåsigare höst och vår) samt ändras

kontinuerligt under ett dygn (vindbyar etc.).

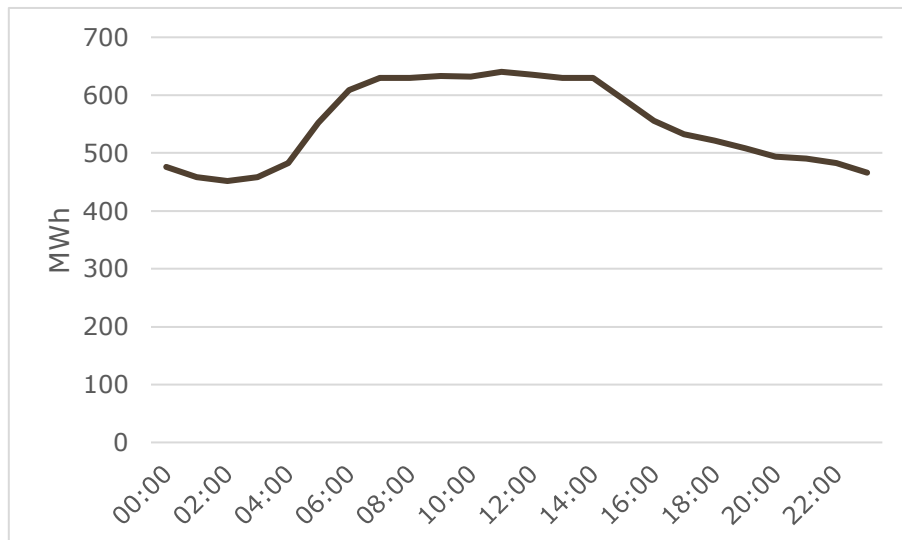


Figur 16. Solelproduktion från 1 kW solceller på 27° taklutning i tre olika riktningar (öster, söder, väster), en solig sommardag. (Bild: Bengts Villablogg<sup>37</sup>)



Figur 17. Solelproduktion från 1 kW solceller på 27° taklutning i tre olika riktningar (öster, söder, väster), en mulen sommardag. (Bild: Bengts Villablogg)

Även om solens strålning varierar momentant, per timme, dygn och dagar så är det årliga antalet soltimmar för en plats relativt lika mellan olika år. Solelproduktion matchar även elanvändningsmönstret i samhället väl, med högre elanvändning dagtid och mindre på natten, se Figur 18.



Figur 18. Elanvändning en solig dag i elområde SE2 (Norra Mellansverige) där Sundsvall ingår. (Statistik från Svenska Kraftnät)

Flertalet studier pekar på att ungefär 30 % av den årliga elanvändningen i ett lokalt elnät kan komma från solex utan att elkvaliteten påverkas negativt.<sup>38</sup> I forskningsresultat presenterat av Joakim Widén vid Uppsala universitet skulle elnätet i Herrljunga Elektriska AB kunna acceptera upp mot 30 % solex i nätet genom tre kostnadseffektiva åtgärder<sup>39</sup>:

- Ändrad omsättning i lindningskopplare
- Laststyrning
- Begränsa utmatning av solex vid högproduktionsstimmar.

<sup>38</sup> <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1867937> [2021-09-02]

<sup>39</sup> <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/konferenser/solforum/presentationer/2017/joakim-widen-mojligheter-for-natagare-att-hantera-stora-volymer-solel.pdf> [2021-09-02]

## 4 Kommunen som klimatneutral elproducent

Många kommuner investerar i egen produktion av förnybar el, främst solet men även vindkraft.<sup>40</sup> Investeringar i vindkraft gjordes av många kommuner kring 2013-2015 men har avtagit på senare år. Istället har satsningar på solceller ökat senaste åren. Ett exempel är Uppsala kommun, som år 2015 beslutade att investera i två vindkraftverk. Men efter beredning av kommunledningskontoret beslutades år 2018 att istället använda investeringsbudgeten till en solcellspark istället. Motiveringen var att en solcellspark i kommunen, till skillnad från ett vindkraftverk någon annanstans, bidrar till lokal eleffektproduktion vilket kan vara till nytta för Uppsalas problem med kapacitetsbrist i elöverföring från stamnätet.<sup>41</sup>

### 4.1 Solel

Det finns flera exempel på kommuner som satsar på solet på kommunägda byggnader.

Göteborgs stad är den kommun som har mest installerad effekt inom kommungeografen, med ca 40 MW<sub>p</sub> installerad effekt år 2020.<sup>42</sup> Som stöd och målbild har Göteborgs lokalförvaltning tillsammans med AFRY tagit fram ett solenergiprogram. Enligt programmet är målsättningen att på befintliga kommunägda byggnader installera solceller i samband med planerat takunderhåll samt att även nya byggnader förses med solceller.<sup>43</sup> Att Göteborg Stad installerar solceller är dels för att öka kommunkoncernens andel av förnybar el, dels för att visa andra möjligheterna med solet samt att bidra till bättre marknadsmöjligheter.<sup>44</sup>

Linköpings kommun kommer på andra plats över kommuner med mest installerad effekt solet inom kommungeografen, med 33 MW<sub>p</sub>. Till år 2025 har kommunkoncernen som mål att minst 5 % av elanvändningen i koncernens fyra största bolag ska komma från egen solet. Det motsvarar 4 MW<sub>p</sub> installerad effekt. Idag finns 1 MW<sub>p</sub> och kommunen har ingått avtal i en andelsägd solcellspark där kommunens del utgör 2 MW<sub>p</sub>. Till år 2040 är målsättningen att 20 % av elanvändningen ska komma från solet.<sup>45</sup>

Helsingborgs kommun ligger i framkant med ca 14 000 m<sup>2</sup> solceller på kommunägda byggnader vilket ger 1 900 MWh årligen och står för 5 % av kommunkoncernens elanvändning.<sup>46</sup> Motsvarande solcellsytta skulle innebära ca 1 % av Sundsvalls kommunkoncerns elanvändning.

Två kommuner som satt ambitiösa mål för att öka investeringstakten av kommunägda solceller är Vaxholms kommun och Gävle kommun. Vaxholms kommun har i sin energiplan satt målet att 10 % av kommunens elanvändning ska produceras med solenergi till år 2030. Gävle kommun har som mål att minst 10 % av kommunkoncernens elanvändning produceras med solceller år 2035.<sup>47</sup>

<sup>40</sup> <https://klimatkommunerna.se/kunskapsbank/energi/producerar-fornybar-el/> [2021-07-05]

<sup>41</sup> <https://www.uppsala.se/contentassets/620cad516a5c4aa3acbefdee990cfcb/protokoll-kf-2018-06-11-justerat-med-bilagor.pdf> [2021-09-02]

<sup>42</sup> SCB (2021), Nätanslutna solcellsanläggningar.

[https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/EN0123\\_1.px/table/tableViewLayout2/?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c](https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/EN0123_1.px/table/tableViewLayout2/?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c) [2021-09-02]

<sup>43</sup> [http://www5.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/93ec9160f537fa30c12572aa004b6c1a/d88f3fc489df3290c12581f50036cd29/\\$FILE/13\\_Bilaga\\_1\\_Solenergiprogram.pdf](http://www5.goteborg.se/prod/Intraservice/Namndhandlingar/SamrumPortal.nsf/93ec9160f537fa30c12572aa004b6c1a/d88f3fc489df3290c12581f50036cd29/$FILE/13_Bilaga_1_Solenergiprogram.pdf) [2021-09-01]

<sup>44</sup> <https://klimatkommunerna.se/kunskapsbank/energi/producerar-fornybar-el/> [2021-07-05]

<sup>45</sup> <https://www.linkoping.se/contentassets/cb14199c2b8b47f5a9ab404a1a9e7933/handlingsplan-for-solel-2020-2025.pdf?4ad908> [2021-09-01]

<sup>46</sup> <https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2021/02/uppfoljning-kep-222018.pdf> [2021-09-01]

<sup>47</sup> <https://www.gavle.se/kommunens-service/kommun-och-politik/samarbeten-projekt-och-sarskilda-satsningar/miljostrategiskt-program/> [2021-09-01]

## 4.2 Vindkraft

Det finns flera exempel på offentliga aktörer som äger vindkraftverk. De flesta av dessa investerade i vindkraft under perioden 2010-2015 eftersom det då fanns en statlig subvention om slopad energiskatt. Det gjorde affären lönsam, men sedan subventionen försvann har också de ekonomiska incitamenten för en offentlig aktör att äga vindkraft försämrats.<sup>48</sup> Många av de kommuner som äger vindkraftverk har dem i andra kommuner än sina egna, där vindförsättningarna är bättre. Flera kommuner, såsom Värmdö kommun och Uppsala kommun äger exempelvis vindkraft som är placerad i Sundsvalls kommun.

Utvecklingen går idag mot långtidskontrakt med fast elpris vilket minskar riskerna med investeringen.<sup>49</sup> Lönsamhetsaspekten samt alternativa investeringsformer diskuteras i utredningen om Ekonomi och Juridik.

Exempel på kommunala satsningar presenteras nedan.

### 4.2.1 Upplands Väsby – Fallåsberget

Upplands Väsby äger ett eget vindkraftsverk som enligt kommunen producerar el motsvarande ungefär en fjärdedel av kommunens elbehov. Verket är på 2 MW nominell effekt och togs i drift under 2013.

### 4.2.2 Falköping – vindkraftverket på Tyft

År 2015 upprättade Tanums Kommun ett vindkraftverk tillsammans med två andra bolag, Tanums Bostäder AB samt Rambo AB. Vindkraftverket upprättades på kommunal mark och kommunen äger själva 62 % av verket.

Vindkraftverket är på 3,3 MW nominell effekt producerar ca 8 300 MWh årligen.

### 4.2.3 Värmdö Kommun

Värmdö kommun äger ett vindkraftverk utanför Sundsvall om 2 MW som förväntas producera 7 500 MWh årligen. Vindkraftverket är en del i kommunens satsning i att bli självförsörjande inom energiområdet.

Innan beslut om investering genomfördes en investeringskalkyl av Sweco som i sin rapport avrådde från att investera i vindkraft då det innebar för stor ekonomisk risk. Kommunen valde ändå att investera genom förvärv av företaget Eolus Vind AB. Investeringen är en del i kommunens målsättning att 50% av energianvändningen ska komma från förnybara energikällor.

### 4.2.4 Knivsta Kommun

I till exempel i Knivsta kommun som äger ett vindkraftverk i Skåne har investeringen ifrågasatts<sup>50</sup> och Region Skåne som äger sex vindkraftverk i Småland har utrett möjligheten av att sälja verken.<sup>51</sup>

<sup>48</sup> Telefonsamtal med Tomas Hallberg, Svensk Vindenergi 2021-10-06

<sup>49</sup> <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/lagesrapporter/elmarknaden/2019/vindkraftens-teknik--och-kostnadsutveckling.pdf> [2021-09-01]

<sup>50</sup> <https://sverigesradio.se/artikel/6388581> [2021-07-05]

<sup>51</sup> <https://www.skane.se/Public/Protokoll/Regionstyrelsen/2019-12-18/Svar%20p%C3%A5%20initiativ%C3%A4rende%20S%C3%A4lj%20Region%20Sk%C3%A5nes%20vindkraftverk%20i%20Hultsfreds%20kommun/%C3%84qa%20eller%20s%C3%A4lja%20sex%20vindkraftverk%20i%20Fr%C3%B6reda%202019-11-15%20inklusive%20bilagor.pdf> [2021-07-05]

#### 4.2.5 Sigtuna Kommun

Sigtuna kommun äger två st. vindkraftverk placerade i Ockelbo samt på slätten mellan Eslöv och Lund.

Vindkraftverket Fallåsberget 10 har en effekt om 2,3 MW och producerade under 2017 ca 6 000 MWh.<sup>52</sup>

Vindkraftverket Odarslöv 4 är något mindre men har också en effekt om 2,3 MW. Under 2017 producerade vindkraftverket ca 4 900 MWh.

#### 4.2.6 Sammanfattning kommunalägda vindkraftverk

I detta avsnitt har presenterats exempel från andra kommuner som äger vindkraftverk. Det finns fler kommuner som äger vindkraftverk och i flera andra kommuner planeras kommande installationer, Tabell 5.

Tabell 5: Exempel på kommunägda vindkraftverk.

Kommun	Installerad effekt [MW]	Förväntad produktion [MWh/år]
Upplands Väsby	2,0	4 500
Falköping	3,3	8 300
Värmdö	2,0	7 500
Knivsta	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Sigtuna	4,6	10 900

### 4.3 Kraftproduktion från biobränslen

Många fjärrvärmenät i Sverige ägs av kommunala bolag<sup>53</sup> och i de fall då värme produceras i ett kraftvärmeverk med förnybara råvaror som bränsle är det ytterligare ett exempel där kommuner producerar klimatneutral el. Exempel på kommunala energibolag som producerade klimatneutral el i kraftvärmeverk år 2019 är: Eskilstuna, Enköping, Karlskrona och Falun. Exempel på råvaror de använder sig av är flis och GROT (grenar och toppar) från skogsindustrin samt returflis.

### 4.4 Energilagring

Det finns även exempel på kommuner som investerat i energilagring. Främst kommunala bostadsbolag som har installerat batterier i sina byggnader för att öka egenanvändningen av solel, som exempelvis Stockholmshem och Örebrobostäder.<sup>54</sup> Det finns också ett exempel där en kommun äger ett batterilager som syftar till att stötta elnätet. Det är i Umeå där elnätet inte skulle klarat att ansluta laddutrustning till elbussar utan åtgärd. Samråd mellan kommunen och elnätsägaren landade i att kommunen investerade i ett batterilager i anslutning till elbussladdaren för att minska påverkan på elnätet.<sup>55</sup>

<sup>52</sup> <https://www.sigtuna.se/bygga-bo-och-miljo/energi-och-uppvarmning/uppvarmning.html> [2021-09-10]

<sup>53</sup> <https://www.energimarknadsbyran.se/fjarrvarme/vad-ar-fjarrvarme/> [2021-10-05]

<sup>54</sup> <https://www.bebostad.se/library/3863/rapport-batterilager-20200102.pdf> [2021-10-05]

<sup>55</sup> [power2u.se/nyheter/the-energy-market-landscape-is-changing-fundamentally-2](https://power2u.se/nyheter/the-energy-market-landscape-is-changing-fundamentally-2) [2021-10-05]

## 5 Metod

I detta kapitel beskrivs de metoder för urval och beräkning som använts inom respektive område i denna utredning.

### 5.1 Solel

Elproduktion från solcellsanläggningar har beräknats genom nyckeltal och ett antal referenssimuleringar som utförts i PV-SOL.

Referenssimuleringar utfördes på ett 10 m hög byggnad med 20 ° taklutning, eftersom det är en vanlig taklutning i Sundsvalls kommuns fastighetsbestånd, i orientering syd, öst och väst. Vidare har referenssimuleringar utförts för solceller monterade på mark i orientering söder samt på stickprov av byggnader ägda av Sundsvalls Kommunkoncern.

Väderdata är hämtade från Sundsvalls flygplats, åren 1991 till 2010, och årlig solinstrålning uppgår till 886 kWh/m<sup>2</sup>. Ortens medeltemperatur är 4,6 °C enligt erhållna väderdata.

För att beräkna yta för solcellsanläggning per installerad effekt har solcellsmodul Trina Vertex S TSM-DE09.05 använts vilket är en monokristallin solcellsmodul om 395–405 W. Solcellsmodulen har måtten 1754x1096x30 mm (LxBxD) med en modulverkningsgrad om 20,5 %.

Följande nyckeltal har använts i beräkningarna:

Tabell 6: Nyckeltal för beräkning av effekt solcellsanläggning och årlig produktion.

Parameter	Nyckeltal	Kommentar
Livslängd anläggning	25–30 år	Förväntad livslängd beräknas ofta till 25–30 år, men kan vara längre.
Verkningsgrad solcellsmodul	20,5 %	Trina Vertex S 400 W
Energi per kW <sub>p</sub> installerad effekt	900-950 kWh/kW <sub>p</sub> ,år	Söder, referenssimulering
	780-830 kWh/kW <sub>p</sub> ,år	Öst, referenssimulering
	780-830 kWh/kW <sub>p</sub> ,år	Väst, referenssimulering
Yta per installerad kW	15 m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>	Installation på mark, solcellspark
	5 m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>	Installation på tak i takets lutning
	13 m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>	För uppvinklade installationer på flacka tak

För byggnader har takyten hämtats från Sundsvalls Kommuns Solkarta. Av aktuell takyta har 75 % av ytan antagits kunna användas för solceller baserat på erfarenhet från tidigare projekt. De 25 % som räknas bort kan t.ex. utgöras av ventilationshuvar, skorstenar eller ytor som skuggas samt avstånd till snörasskydd/takkant. Är taket av typ sadeltak med halva takyten mot nordväst och resterande mot sydost beräknades exempelvis användbar takyta för solceller till:

Användbar takyta = takyta \* 50 % \* 75 %.

Orientering/lutning har uppskattats utifrån satellitbilder via Google Maps eller annan karttjänst. Nyckeltalen för årlig produktion har sedan justerats beroende på skuggning och lutning.

För ett tak med orientering sydost och en taklutning om ca 13 ° har exempelvis nyckeltalet uppskattats till 850 kWh/kW<sub>p</sub>,år.

## 5.2 Vindkraft

Den tekniska potentialen för vindkraft inom Sundsvalls kommun har utretts utifrån kommunens gällande översiktsplan, förslag till ny översiktsplan 2040 och vindbrukskollen tillsammans med projekterfarenheter från AFRY och Svensk Vindenergi. Förväntad effekt och energiproduktion beräknades utifrån föreslagna ytor för vindkraftsetablering i förslaget till ny översiktsplan 2040 tillsammans med nyckeltal från aktuella vindkraftsprojekt.

De ekonomiska förutsättningarna för en kommun att äga vindkraft har utretts genom att studera erfarenheter från andra offentliga aktörer samt i samtal med Svensk Vindenergi.

## 5.3 Vågkraft

Utredning av förutsättningar för vågkraft har gjorts genom att studera vågenergipotentialen i Östersjön samt teknikläget i dag och framåt för de hittills mest framgångsrika vågkraftsteknikerna, som exempelvis ett vågkraftsprojekt i Sotenäs kommun. Eftersom ingen vågkraftsteknik finns i kommersiell skala och inte heller bedöms göra det innan 2030 samt att potentialen för vågkraft i Bottenviken är låg på grund av istäckning vintertid har ingen potentialbedömning beräknats eller ekonomiska förutsättningar utretts.

## 5.4 Kraftproduktion från biobränslen

Utredning har gjorts av förutsättningar för elproduktion från biobränslebaserad kraftvärme med hänsyn till nuvarande bränsletyp i Sundsvalls kraftvärmeverk, verkningsgrad, lönsamhet och förutsättningar för tillkommande kraftvärmeproduktion.

## 5.5 Energilager

Utredning av förutsättningar för energilager har gjorts genom litteraturstudier av olika energilagringsteknik och simuleringar.

Simuleringar och beräkningar har utförts för en byggnad för att belysa potential, utmaningar och utfall.

För byggnaden antas en schablonmässig elanvändning varpå två olika storlekar av ett saltvatten-batterilager tillsammans med solcellssystem simulerades i PV-SOL för att utreda hur egenanvändningsgraden påverkas.

Eftersom vätgas som energilager i byggnader idag inte är en kommersiell lösning, innebär allvarliga säkerhetsrisker, har låg verkningsgrad och låg lönsamhet har inga beräkningar eller simuleringar genomförts.

## 5.6 Elnätets kapacitet

Utredning av elnätets kapacitet har gjorts genom litteraturstudier av hur elkvaliteten påverkas med mer intermitterent elproduktion i elnätet. För att få en bild av aktuella läget och framtida utvecklingen i kommunens elnätsområden har två intervjuer hållits med elnätsägare för lokalnät respektive regionnät. Den 14 september 2021 genomfördes en intervju med Rikard Persson, affärsområdeschef Elnät, på Sundsvall Elnät och den 17 september med Tomas Lundgren, regionnätsplanerare, på EON Energidistribution.

En sammanställning av samtalet och diskussionerna sammanställs under resultatdelen.



## 6 Resultat

I detta kapitel presenteras resultat från beräkningar och litteraturstudier för respektive teknikområde.

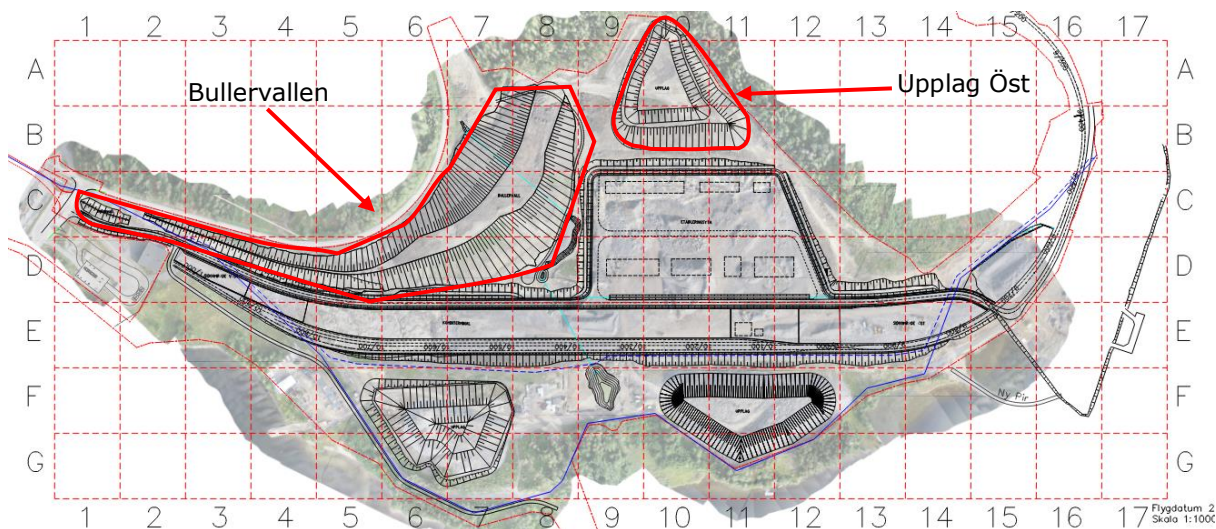
### 6.1 Solel

I detta avsnitt sammanställs simulerade och beräknade resultat för Sundsvalls Logistikpark AB samt kommunens egenägda byggnader.

#### 6.1.1 Sundsvall Logistikpark

Det planeras just nu en logistikpark i Sundsvall som ägs av kommunen och planeras stå klar år 2024. Vid logistikparken finns ytor som lämpar sig väl för en solcellsanläggning, se Figur 19.

Underlag för beräkningarna är bygghandlingar och summerade ytor delgivna av Tomas Widenfalk på Sundsvalls Logistikpark AB.



Figur 19: Flygfoto etablering logistikpark, 2021-08-13. Upplag Ö och bullervallen (inklusive Granbacken väster) markerade i rött.

##### 6.1.1.1 Upplag Öst

Inom "Upplag Öst" finns ca 20 000 m<sup>2</sup> industriområde med möjlighet att utöka ytan till 35 000 m<sup>2</sup> genom enklare schaktarbeten, enligt underlag från kommunen.

Om 50 % av tillgängliga ytan förutsätts kunna användas för solceller finns tillräcklig yta för att etablera ca 2,9 MW<sub>p</sub> solcellspark inom området. Med montage mot söder och en vinkel på modulerna om minst 15 ° bör en produktion om minst 900 kWh/kW<sub>p</sub>,år kunna återfås, vilket motsvarar en solelproduktion om ca 1 000 MWh årligen.

Tabell 7: Beräknad solelproduktion Upplag Ö

Upplag Ö		Enhet
Tillgänglig yta	35 000	m <sup>2</sup>
Användbar yta	17 500	m <sup>2</sup>
Yta per effekt	15	m <sup>2</sup> /kW
Effekt solcellspark	1 170	kW <sub>p</sub>
Nyckeltal produktion	900	kWh/kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>1 050</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,5	%

#### 6.1.1.2 Bullervallen

Inom bullervallen finns planerade ytor som både innefattar industriområde och naturområde. Naturområdet ska besås med gräs och örter. Ett sätt att kontinuerligt se till att inte ny sly växer upp är att ha betande djur i parken. I USA anläggs solcellsparkar som kombineras med blomsterängar för att öka antalet insekter och pollinatörer såsom fjärilar, humlor och bin.

Inom bullervallen planeras 16 300 m<sup>2</sup> industrimark med orientering mot öster och på topp-platån ca 6 300 m<sup>2</sup>. På topp-platån antas solceller kunna monteras med orientering mot söder.

Vidare planeras 13 000 m<sup>2</sup> naturområde med orientering syd/sydost samt 7 000 m<sup>2</sup> naturområde på toppen.

Antas att 50 % av dessa ytor kan utnyttjas för solcellspark återfås följande solelproduktion:

Tabell 8: Beräknad solelproduktion på industriområden inom bullervallen.

Bullervallen		Enhet
<u>Industriområden</u>		
Mot logistikparken	16 300	m <sup>2</sup>
Användbar yta	8 150	m <sup>2</sup>
Topp-platån	6 300	m <sup>2</sup>
Användbar yta	3 150	m <sup>2</sup>
Yta per effekt	15	m <sup>2</sup> /kW
Effekt solcellspark, 1	420	kW <sub>p</sub>
Effekt solcellspark, 2	210	kW <sub>p</sub>
Nyckeltal produktion, 1	800	kWh/kW <sub>p</sub>
Nyckeltal produktion, 2	900	kWh/kW <sub>p</sub>
Årsproduktion park, 1	340	MWh
Årsproduktion park, 2	190	MWh
<b>Total årsproduktion</b>	<b>530</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,3	%

Samt för naturområden:

Tabell 9: Beräknad soletproduktion på naturområden inom bullervallen.

Bullervallen	Enhet	
<u>Naturområden</u>		
Mot syd/sydost	13 000	m <sup>2</sup>
Användbar yta, 3	6 500	m <sup>2</sup>
Topp-platån	7 000	m <sup>2</sup>
Användbar yta, 4	3 500	m <sup>2</sup>
Yta per effekt	15	m <sup>2</sup> /kW
Effekt solcellspark, 3	470	kW <sub>p</sub>
Effekt solcellspark, 4	230	kW <sub>p</sub>
Nyckeltal produktion, 3	900	kWh/kW <sub>p</sub>
Nyckeltal produktion, 4	900	kWh/kW <sub>p</sub>
Årsproduktion park, 3	420	MWh
Årsproduktion park, 4	210	MWh
<b>Total årsproduktion</b>	<b>630</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,3	%

#### 6.1.1.3 Granbacken Väster

Inom bullervallen planeras 15 300 m<sup>2</sup> naturområde med orientering mot väster, mot området Granbacken. Kan 50 % av ytan användas för solcellspark återfås följande soletproduktion:

Tabell 10: Beräknad soletproduktion på naturområden inom Granbacken väster.

Granbacken väster	Enhet	
Tillgänglig yta	15 300	m <sup>2</sup>
Användbar yta	7 650	m <sup>2</sup>
Yta per effekt	15	m <sup>2</sup> /kW
Effekt solcellspark	510	kW <sub>p</sub>
Nyckeltal produktion	800	kWh/kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>410</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,2	%

#### 6.1.2 Sammanfattning logistikpark

Sammanfattningsvis finns möjlighet att etablera solcellsparker som skulle producera 2 610 MWh solet årligen med antaganden specificerade ovan. Den sammanlagda installerade effekten skulle uppgå till ca 3 MW<sub>p</sub>, vilket skulle motsvara Sveriges tolvte största solcellspark.<sup>56</sup> Den årliga produktionen skulle motsvara ca 1 % av Sundsvalls kommunkoncerns energibehov under ett normalår.

<sup>56</sup> <https://www.svensksolenergi.se/upload/Solcellsan%C3%A4qqningar%2020210720.pdf> [2021-10-01]

Tabell 11: Sammanställning installerad effekt och förväntad energiproduktion, Logistikparken.

Område	Effekt [kW <sub>p</sub> ]	Energiproduktion [MWh/år]
Upplag Ö – Industri	1 170	1 050
Bullervallen - Industri 1	420	340
Bullervallen - Industri 2	210	190
Bullervallen - Natur 3	470	420
Bullervallen - Natur 4	230	210
Granbacken Väster - Natur	510	410
<b>Summa</b>	<b>3 010</b>	<b>2 610</b>
Andel av elanvändning		1 %

Inom industriområdena finns yta för att etablera ca 1,7 MW<sub>p</sub> solcellspark motsvarande en årlig solelproduktion om 1 690 MWh. Inom naturområdena finns yta för att etablera ca 1,3 MW<sub>p</sub>, motsvarande en årlig solelproduktion om 920 MWh.

### 6.1.3 Solenergi på tak

Sundsvalls Kommunkoncern har genom sina bolag stora takytor som kan användas för produktion av förnybar solel.

För att få bäst lönsamhet vid en investering i solceller på tak anpassas anläggningens storlek till fastighetens elanvändning. Detta för att priset på köpt el, som ofta innefattar elhandelskostnad, elöverföringsavgift samt energiskatt, är högre jämfört med intäkten för att sälja el, som ofta motsvarar spotpriset på el.

Utifrån ett hållbarhetsperspektiv kan det dock vara intressant att investera i större solcellsanläggningar så att mer förnybar el flödar inom elnätet och kommer andra till godo.

I denna utredning har ingen hänsyn tagits till byggnadernas elanvändning, utan potentiell storlek på solcellsanläggning samt årlig elproduktion har baserats på uppmätt takyta, takets orientering och lutning. Flertalet referenssimuleringar har utförts i PV-SOL med väderdata från Sundsvalls flygplats för att bättre kunna bedöma förväntad årsproduktion.

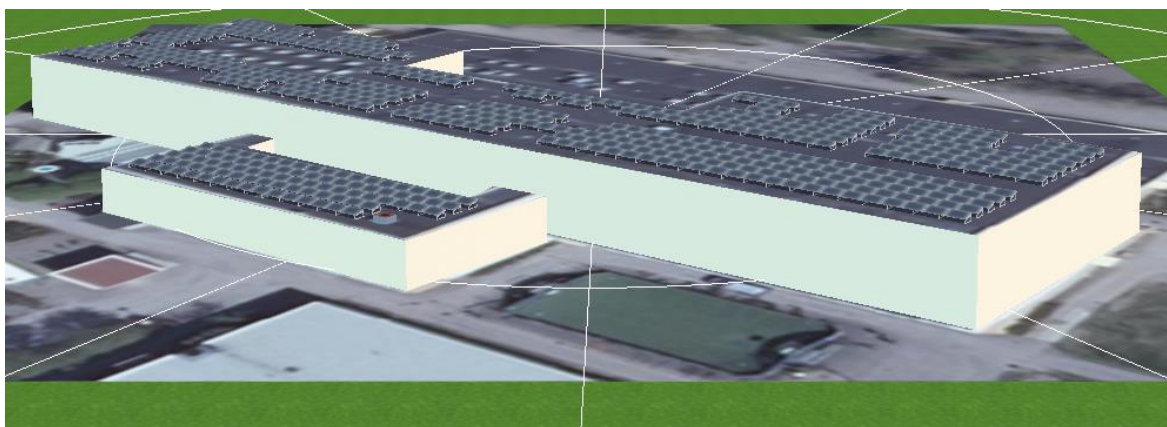
#### 6.1.3.1 Sundsvalls kommun

Fastigheter som skolor, förskolor, idrottsanläggningar och omsorgsboenden ägs direkt av Sundsvalls kommun och förvaltas av Drakfastigheter. Av totalt 1110 fastigheter runt om i kommunen har 477 fastigheter en adress kopplad till sig och det är endast dessa som har utretts. Av dem finns byggnader på ca 340 av fastigheterna, med en tillgänglig takyta på närmare 338 000 m<sup>2</sup>.

Av tillgänglig takyta har ca hälften bedömts som användbar för solcellsanläggningar. Totalt beräknades potentialen uppgå till ca 25 MW<sub>p</sub>, vilket skulle producera ca 21 000 MWh årligen.

Tabell 12: Potential solcellsanläggningar, Sundsvalls kommun.

Solceller Sundsvalls kommun	Enhet	
Tillgänglig takyta	338 000	m <sup>2</sup>
Användbar takyta	155 000	m <sup>2</sup>
Effekt solceller	25 000	kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>21 000</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	10,5 %	



Figur 20. Referenssimulering från skola i Sundsbruk.

#### 6.1.3.2 Mitthem

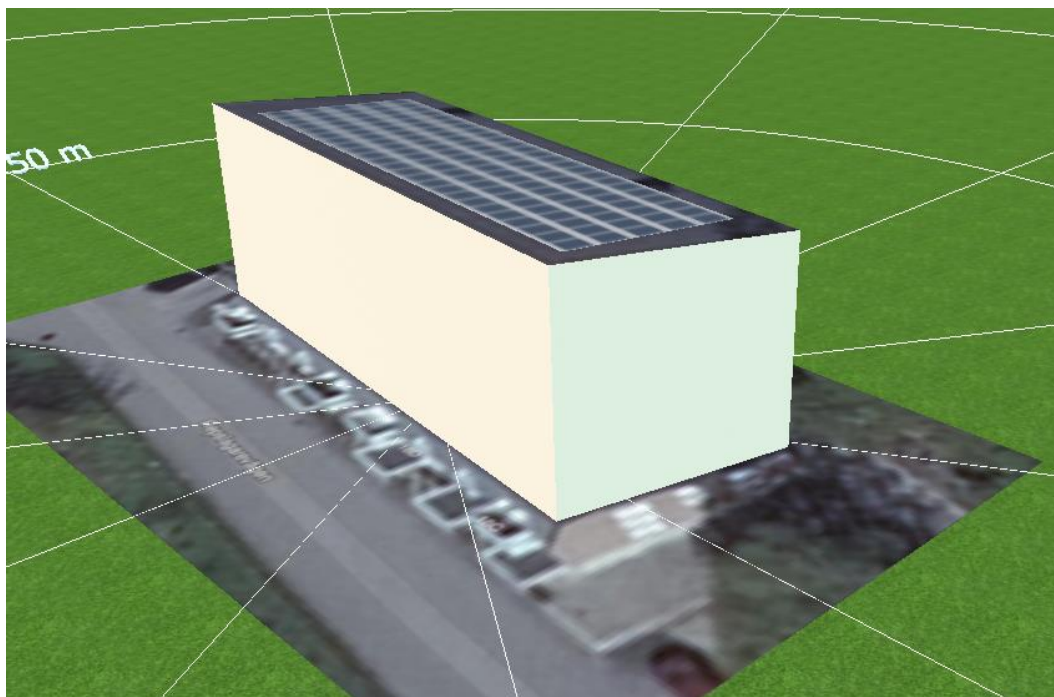
Mitthem är Sundsvalls största hyresvärd med ca 5 800 lägenheter och ägs till 100 % av Sundsvalls Kommun via Stadsbacken AB.

Mitthem har byggnader inom ca 130 fastigheter runt hela Sundsvall, med en tillgänglig takyta på över 85 500 m<sup>2</sup>. Vid beräkning av potential för solcellanläggningar har inte samtliga tak inom fastigheterna analyserats, utan en byggnad per fastighet. Tillgänglig yta i tabell 6 nedan är alltså högre jämfört med vad som redovisas.

Totalt beräknades potentialen uppgå till ca 6 MW<sub>p</sub>, vilket alltså är lågt räknat, som skulle producera upp mot 5 000 MWh årligen.

Tabell 8: Potential solcellsanläggningar, Mitthem.

Solceller Mitthem	Enhet	
Tillgänglig takyta	85 000	m <sup>2</sup>
Användbar takyta	48 000	m <sup>2</sup>
Effekt solceller	6 000	kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>5 000</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	3%	



Figur 21. Referenssimulering från Repslagarevägen, Sundsvall.

#### 6.1.3.3 SKIFU AB

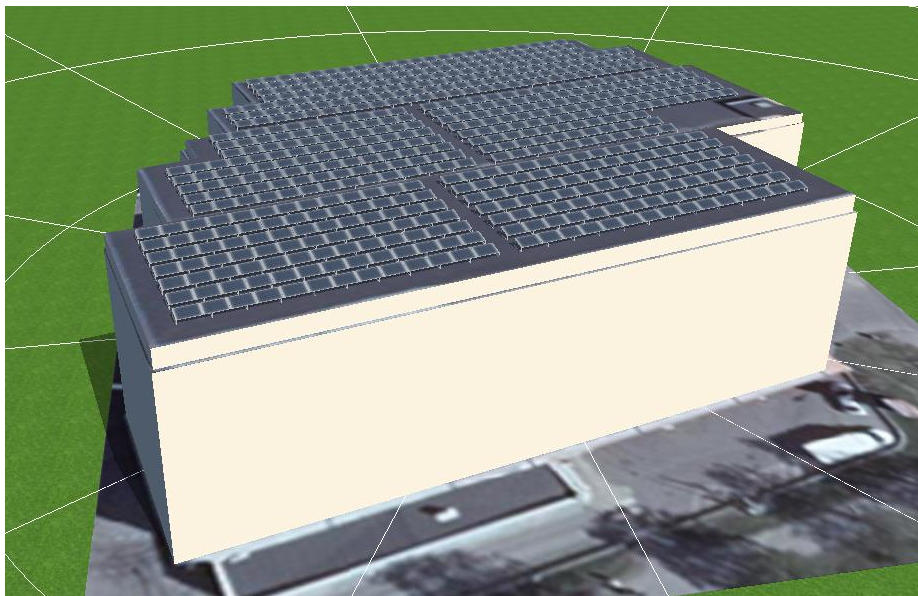
SKIFU AB härstammar från en fusion av Sundsvalls Kommuns parkeringsbolag och industrifastighetsbolag, och arbetar idag med att äga, förvalta och utveckla fastigheter inom kommunen.

Då SKIFU förvaltar flera fastigheter som erbjuder offentlig parkering har många utrustats med elbilsaddning, vilket kan öka incitamenten till att installera solcellsanläggningar inom fastigheterna.

Totalt beräknades potentialen att installera solceller på SKIFUs tak uppgå till ca 1,1 MW<sub>p</sub> vilket skulle rendera en årsproduktion om ca 1 000 MWh solel.

Tabell 9: Potential solcellsanläggningar, SKIFU AB.

Solceller SKIFU AB		Enhet
Tillgänglig takyta	23 000	m <sup>2</sup>
Användbar takyta	12 000	m <sup>2</sup>
Effekt solceller	1 200	kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>1 000</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,5 %	



Figur 22: Referenssimulering Parkeringshus Balder. Källa: PV-SOL.

#### 6.1.3.4 Solceller Sundsvalls Vatten AB

Sundsvalls Vatten AB äger allmänna vatten- och avloppsanläggningar, såsom vattenverk, reningsverk, vattentorn och pumpstationer.

Totalt beräknades potentialen att installera solceller på lämpliga byggnadstak i Sundsvalls Vattens bestånd uppgå till ca 0,9 MW<sub>p</sub> vilket skulle rendera en årsproduktion om ca 760 MWh solel.

Tabell 13. Potential solcellsanläggningar, Sundsvalls Vatten.

Solceller Sundsvalls Vatten		Enhet
Tillgänglig takyta	16 000	m <sup>2</sup>
Användbar takyta	6 000	m <sup>2</sup>
Effekt solceller	900	kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>700</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,4%	

#### 6.1.3.5 Solceller Sundsvalls Energi AB

Sundsvalls Energi AB säljer och levererar fjärrvärme, hetvatten, fjärrkyla och el. Dessutom erbjuder företaget tjänster inom energi, laddinfrastruktur, solceller och återvinning.

Företaget äger några mindre värmeverk och en återvinningsanläggning som utretts för solceller. Totalt beräknades potentialen att installera solceller på lämpliga byggnadstak i Sundsvalls Energis bestånd uppgå till ca 0,15 MW<sub>p</sub> vilket skulle rendera en årsproduktion om ca 125 MWh solel.

Tabell 14. Potential solcellsanläggningar, Sundsvalls Energi.

Solceller Sundsvalls Energi		Enhet
Tillgänglig takyta	2 000	m <sup>2</sup>
Användbar takyta	1 000	m <sup>2</sup>
Effekt solceller	156	kW <sub>p</sub>
<b>Årsproduktion</b>	<b>125</b>	<b>MWh</b>
Andel av elanvändning	0,1	%

#### 6.1.4 Sammanfattning solenergi på tak

Sammanfattningsvis finns möjlighet att installera solceller på ca 222 000 m<sup>2</sup> takyta inom kommunkoncernen, vilket skulle producera 28 200 MWh solenergi årligen med antaganden specificerade i föregående avsnitt. Den sammanlagda installerade effekten skulle uppgå till ca 33 MW<sub>p</sub>, vilket motsvarar den kommun i Sverige som har näst mest installerad effekt i kommungeografin år 2020, nämligen Linköping.<sup>57</sup> Den årliga produktionen skulle motsvara ca 14 % av Sundsvalls kommunkoncerns energibehov under ett normalår.

Tabell 15: Sammanställning installerad effekt och förväntad energiproduktion, solenergi på tak.

Bolag	Effekt [kW <sub>p</sub> ]	Energiproduktion [MWh]
Sundsvalls kommun	25 000	21 000
Mitthem AB	6 000	5 000
SKIFU AB	1 200	1 000
Sundsvalls Vatten AB	900	700
Sundsvalls Energi AB	100	100
<b>Summa</b>	<b>33 000</b>	<b>28 000</b>
Andel av elanvändning		14%

På taken till byggnader som ägs av bolag inom kommunkoncernen finns grovt beräknat potential att etablera ca 33 MW<sub>p</sub> solceller, motsvarande en årlig solenergiproduktion om ca 28 000 MWh.

## 6.2 Vindkraft

Sundsvalls kommun antog år 2012 ett tillägg till översiktsplanen med utpekade områden för vindkraft. I den norra delen av kommunen utpekades fem lämpliga markområden för vindkraft, varav vindkraft uppförts på tre av dessa områden och ett område har beviljade tillstånd för uppförande. I det femte området har vindkraftsetablering överklagats.

Inga havsområden pekades ut i tillägget eftersom kommunen bedömde att kunskapsläget kring havsbaserad vindkraft var för lågt, samt att de grunda områden som lämpar sig för vindkraft också är gynnsamma livsmiljöer för fiskar och fåglar och därför riskerar vindkraft att påverka djurlivet negativt.<sup>58</sup>

Till den nya översiktsplanen 2040, utreds fem nya områden på land i kommunens västliga delar som potentiella vindkraftsområden, se Tabell 16 och Figur 23. Områdena är föreslagna av exploitörer och omfattar ca 132 km<sup>2</sup> med plats för ca 270 vindkraftverk, motsvarande ca 1,7 GW med en årlig produktion om ca 4 TWh/år. Samtliga områden innehåller andra värden såsom naturvärden eller friluftsliv och därför måste de prövas var och en för sig innan en vindkraftsetablering kan bli aktuell. Övriga områden har bedömts vara olämpliga på grund av tät bebyggelse, dåliga vindförhållanden eller att de står i konflikt med annan viktig infrastruktur, som

<sup>57</sup> SCB (2021), Nätanslutna solcellsanläggningar.  
[https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/EN0123\\_1.px/table/tableViewLayout2/?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c](https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/N%3c%a4tanslutna%20solcellsanl%3c%a4ggningar/EN0123_1.px/table/tableViewLayout2/?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c) [2021-09-30]

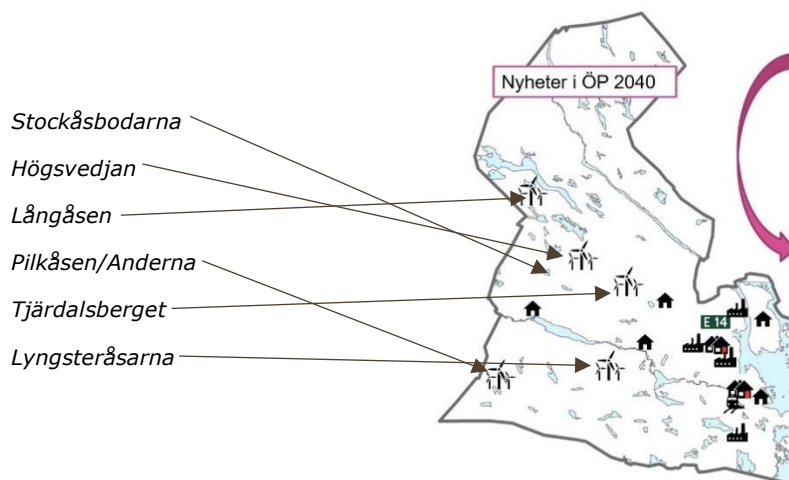
<sup>58</sup> <https://sundsvall.se/wp-content/uploads/2019/08/Havet-planeringsf%C3%B6rutslutna%20omr%C3%A4den.pdf> [2021-06-30]



exempelvis flygstråk.<sup>59</sup> Vad som fortsatt gäller för havsbaserad vindkraft tas inte upp i det nya förslaget till översiktsplan. Det är dock en fråga som kan bli aktuell i och med att intresset för havsbaserad vindkraft ökar och att regeringen meddelat att de ska underlätta utbyggnaden.<sup>60</sup>

Tabell 16. Områden som vindkraftexploatörer föreslagit för vindkraft och som planeras tas med i ÖP2040. Observera att samtliga områden måste prövas om lämplighet för vindkraft.

Område	Storlek (km <sup>2</sup> )	Antal verk enligt ÖP	Yta/verk (km <sup>2</sup> )	Potential (MW)	Årsproduktion (MWh)
Stockåsbodarna	Utpekade i nuvarande VP och överklagade				
Högsvedjan	12	20	0,6	124	300 000
Långåsen	14	20	0,7	124	300 000
Pilkåsen/Anderna	60	180	0,3	1 116	2 700 000
Tjärdalsberget	16	30	0,5	186	450 000
Lyngsteråsarna	30	20	1,5	124	300 000
<b>Sammanställning</b>	<b>132</b>	<b>270</b>	<b>0,5</b>	<b>1 674</b>	<b>4 050 000</b>



Figur 23. Förslag på nya vindkraftsområden i Sundsvalls förslag till ny Översiktsplan 2040 (Källa: Förslag till Översiktsplan Sundsvall 2040)

De områden som nu utreds i ÖP2040 ägs inte av Sundsvalls kommun utan om kommunen ska investera i vindkraft är det endast aktuellt hos externa markägare. Det är fullt möjligt och finns flera exempel i andra kommuner men behöver utredas närmare i en analys avseende ekonomi, juridik och risker.

Årsproduktionen från ett vindkraftverk på 6 MW är ca 20 000 MWh/år, vilket motsvarar ca 10 % av kommunkoncernens energianvändning. För att täcka hela kommunkoncernens elanvändning med vindkraft skulle det krävas 10 vindkraftverk.

<sup>59</sup> <https://karta.sundsvall.se/op2040/> [2021-09-02]

<sup>60</sup> <https://www.dn.se/ekonomi/mer-vindkraft-till-havs-ska-ge-mer-el/> [2021-10-18]

### 6.3 Vågkraft

I Sverige finns idag världsledande forskning om vågkraft och Energimyndigheten finansierar projekt inom forskning och utveckling, på prototyp- och demonstrationsnivå. Enligt Energimyndighetens havsenergi strategi är det först efter år 2030 som tekniken kommer kunna lanseras i kommersiell skala.<sup>61</sup>

Det finns visserligen potential att utvinna energi ur Östersjöns vågor, och lägen nära kustområden är ofta fördelaktiga eftersom det minskar kostnader för underhåll och elförluster.<sup>62</sup> Men enligt Havs och Vattenmyndigheten (2018) är inte vågkraft aktuellt i Bottniska Viken på grund av istäckning under vintern. Havet kan i kustnära områden ligga istäckt 100–190 dagar om året.<sup>63</sup>

Vågkraft är idag mycket dyrare än andra förnybara alternativ som solceller och vindkraft. Men när tekniken mognat och kommersialiserats är det troligt att priserna följer samma nedåtgående utveckling som historiskt skett för andra marknadsintroducerade tekniker.

Med anledning av att det idag inte finns någon kommersiell teknik för vågkraft, och att Bottniska viken är istäckt en lång period varje år, bedöms vågkraft inte vara en teknik att satsa på idag. Vågkraft kommer därför inte utredas vidare i denna rapport. Däremot kan läget vara annorlunda om 5–10 år, om tekniken utvecklats och istäcket minskat.

### 6.4 Kraftproduktion från biobränslen

Korstaverket i Sundsvall är ett kraftvärmeverk som eldas med avfall. Eftersom hushållsavfall idag består av både förnybart och fossilt material är elproduktionen från kraftvärmens inte helt klimatneutral idag. Fossilfritt Sverige spår att avfallsförbränning inom de närmsta åren kommer att ligga på ungefär samma nivå som idag. Däremot kommer sannolikt sammansättningen förändras till följd av samhällets övergång till alltmer förnybara råvaror och resurseffektiva system.<sup>64</sup> Med tiden kommer troligen el från Sundsvalls kraftvärme ha en allt större andel från förnybart ursprung.

År 2019 tillverkades totalt 47 000 MWh el i kraftvärmeverket i Korstx, vilket motsvarar 23 % av kommunkoncernens elanvändning. Om bränslet kan bli förnybart finns alltså potential att det kommunala bolaget Sundsvalls Energi producerar klimatneutral el motsvarande knappt en fjärdedel av kommunkoncernens elanvändning. Att byta till biobränsle kräver ombyggnad och investeringar. Dessutom spås att priset på bioråvara kommer att öka till följd av ökad efterfrågan från industri- och transportsektorn. Det leder till att fjärrvärmesektorn kommer att söka sig mot andra billigare energikällor, såsom spillvärme från nya segment av industri, exempelvis datacenter och biodrivmedelsproduktion.<sup>65</sup>

Eftersom kommunen har som mål att vara klimatneutral till år 2030 bör frågan om hur kraftvärmeverket kan bli 100 % klimatneutralt redan vara uppe för utredning. Och att bygga nya kraftvärmeverk är inte aktuellt eftersom det inte finns någon avsättning för

<sup>61</sup> Energimyndigheten, . Havsenergi strategi. <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/fornybar-el/energimyndighetens-havsenergi-strategi.pdf> [2021-07-02]

<sup>62</sup> Nilsson et. al. 2019. Characterization of Wave Energy Potential for the Baltic Sea with Focus on the Swedish Exclusive Economic Zone. <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/5/793/htm> [2021-10-04]

<sup>63</sup> <https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57cee066/1604327317531/miljokonsekvensbeskrivning-av-havsplaner.pdf> [2021-10-04]

<sup>64</sup> [https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning\\_webb.pdf](https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf) [2021-10-04]

<sup>65</sup> [https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning\\_webb.pdf](https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf) [2021-10-04]

den värme det skulle resultera i. Kraftproduktion från biobränslen kommer därför inte att behandlas vidare inom denna utredning.

## 6.5 Energilager

När en solcellsanläggning planeras på en kommunägd byggnad bör byggnadens elanvändning jämföras med den förväntade solelproduktionen. Om all solel inte kommer att kunna användas i byggnaden kan det vara idé att utreda förutsättningarna för ett energilager.

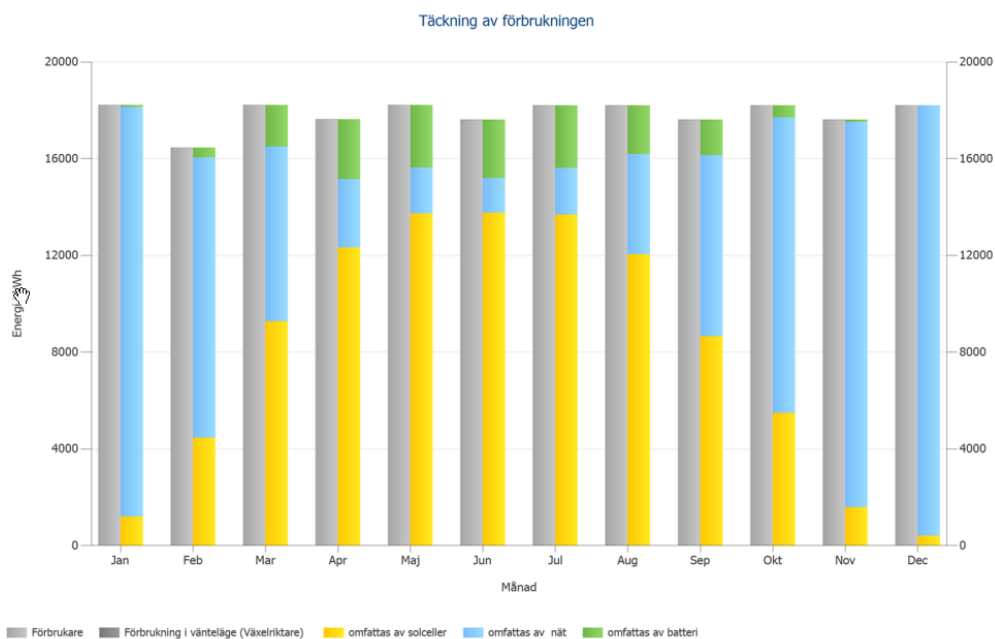
Sundsvalls kommunkoncern äger byggnader med olika typer av verksamheter och elanvändningsprofiler. Bostäder har ofta hög energianvändning på morgon och kväll medan den är lägre under dagen då solcellsanläggningar har högst produktion. Därför kan det för Mitthems bostäder vara aktuellt med batterilager för dygnsvariationer.

Skolor och förskolor har sin verksamhet dagtid och kommer därför sannolikt att ha en stor egenanvändning av solel. Däremot brukar sådan verksamhet vara stängd eller lågintensiv mellan mitten av juni till mitten av augusti, vilket är då solen strålar som mest. För att öka byggnadens egenanvändning av solel skulle ett energilager för säsongsvariationer vara lämpligt. På marknaden är det idag bara vätgas som är anpassat för säsongslagring men på grund av explosionsrisken är inte vätgas lämpligt där människor ska vistas. Istället bör då ett batterilager med stor kapacitet vara lämpligt, till exempel ett flödesbatteri, men ett sådan batteri kommer inte ha kapacitet nog att flytta elen mellan sommar och höst.

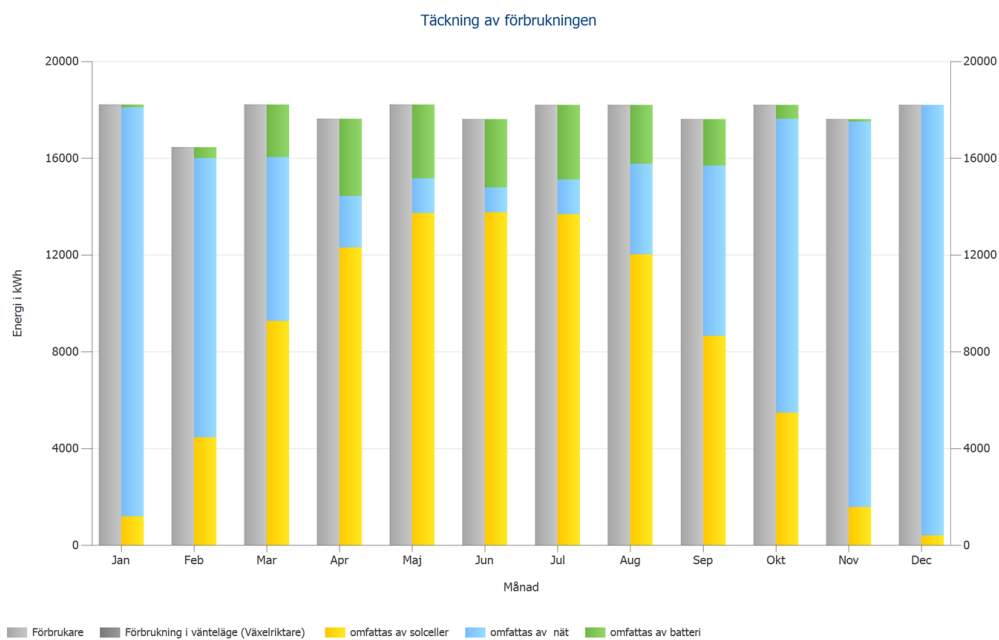
### 6.5.1 Batterier

Batterier lämpar sig för energilagring över kortare tid eftersom det annars krävs stora utrymmen, se energitäthet för respektive batteriteknik i Tabell 4 i avsnitt 3.6. När det gäller val av batteriteknik finns många aspekter att ta hänsyn till gällande batteriets funktion, ekonomi, miljö och säkerhet, se Tabell 4 i avsnitt 3.6 för de batterier på marknaden som idag lämpar sig för energilagring i byggnader utifrån dessa aspekter.

För att visa på möjligheterna med ett batterilager har referenssimuleringen för solel på byggnaden på Söndagsvägen 6 utökats med schablonmässiga energidata och ett batterilager. Byggnaden på 3 570 m<sup>2</sup> är en skola med en dimensionerad solelanläggning på 188 kW. Enligt referensdata från skolor har elanvändning antagits vara 60 kWh/m<sup>2</sup>, år vilket ger en årlig energianvändning på 214 MWh. Vid val av energiteknik har ett saltvattenbatteri valts eftersom det har hög kapacitet, är säkert och har låg miljöpåverkan. Två olika storlekar av batteriet har simulerats, se Figur 24 och Figur 25. Resultatet visar att skolan kan öka egenanvändningen av solel från 57 % utan batteri till 70 % med ett batterilager på 90 kWh och till 73 % med ett batteri på 120 kWh. Det är framförallt mellan mars till september som batteriet nyttjas på dagsbasis genom att laddas upp av solelöverskott och användas vid effekttoppar.



Figur 24. Saltvattenbatteri 90 kWh, 18 kW. visar hur antagen elanvändning i byggnaden (grå) förses med el från solen (gul), elnätet (blå) och batterilager (grön). Batteriet ökar byggnadens egenanvändning av solen från 57 % (utan batteri) till 70 % med ett 90 kWh-batteri.



Figur 25. Saltvattenbatteri 120 kWh, 18 kW, visar hur antagen elanvändning i byggnaden (grå) förses med el från solen (gul), elnätet (blå) och batterilager (grön). Batteriet ökar byggnadens egenanvändning av solen från 57 % (utan batteri) till 73 % med ett 120 kWh-batteri.

För att välja lämplig batteristorlek krävs en djupare analys som tar hänsyn till önskad styrstrategi och ekonomiska förutsättningar.

Vilken typ av energilagring som installeras i en byggnad och dess storlek kräver olika tekniska förutsättningar. Energilagring är en ny marknad och samråd med räddningstjänsten bör därför ske i varje enskilt fall.

### 6.5.2 Vätgas

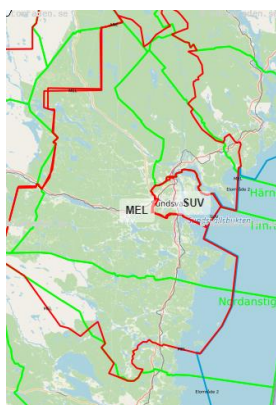
Eftersom vätgas som energilager i byggnader idag inte är en kommersiell lösning, innebär allvarliga säkerhetsrisker, har låg verkningsgrad och lönsamhet har det inte utretts närmare. Om kommunen önskar att undersöka möjligheterna med vätgas närmare rekommenderas att i första hand genomföra en utredning kring säkerhetsaspekterna och beroende på dess resultat eventuellt gå vidare med teknisk och ekonomisk analys.

## 6.6 Förutsättningar för transmission och lagring av klimatneutral el

För att kunna öka lokal elproduktion från intermittenta källor, såsom sol och vind, måste elnätet klara av att ta emot elen. I detta avsnitt sammanställs resultat från intervjuer med lokalnätägare samt regionnätägare.

### 6.6.1 Elnätets kapacitet

I Sundsvalls tätort är Sundsvall Elnät lokalnätägare medan övrigt lokalelnät i kommunen ägs av E.ON, se Figur 26. Nätområden i Sundsvalls kommun. Kommungränser i grönt och elnätsområden i rött. SUV ägs av Sundsvall Elnät och MEL av E.ON. EON är även ägare av regionnätet i hela Sundsvalls kommun.



Figur 26. Nätområden i Sundsvalls kommun. Kommungränser i grönt och elnätsområden i rött. SUV ägs av Sundsvall Elnät och MEL av E.ON.

#### 6.6.1.1 Sundsvall Elnät

Sundsvall Elnät driver lokalnätet kring Sundsvalls centralort med omnejd och är ett dotterbolag inom kommunkoncernen med ca 27 000 privatkunder och ca 7 000 företags- och industrikunder. Nätets högsta effektuttag ligger idag kring 140 MW. Innan fjärrvärme installerades i Sundsvall låg effektuttaget kring 170 MW. Det finns alltså ytterligare kapacitet i nätet.

I Sundsvall Elnäts nät finns ingen vindkraft men de senaste åren har många solcellsanläggningar anslutits och det kommer löpande in nya förfrågningar. De flesta är mindre takanläggningar men det finns även större anläggningar. Till våren 2022 planeras en solcellspark stå klar i Birsta på 8 MW. Den väntas stundvis ge högre effekt än vad lokalnätet kan ta tillvara och kommer då leverera el till regionnätet.

Enligt intervjun med Rikard Persson ser Sundsvall Elnät positivt på en solcellspark i den nya logistikparken eftersom effektuttaget i området, från den närliggande hamnen, är högt redan idag och med den nya logistikverksamheten blir effektbehovet ännu högre.

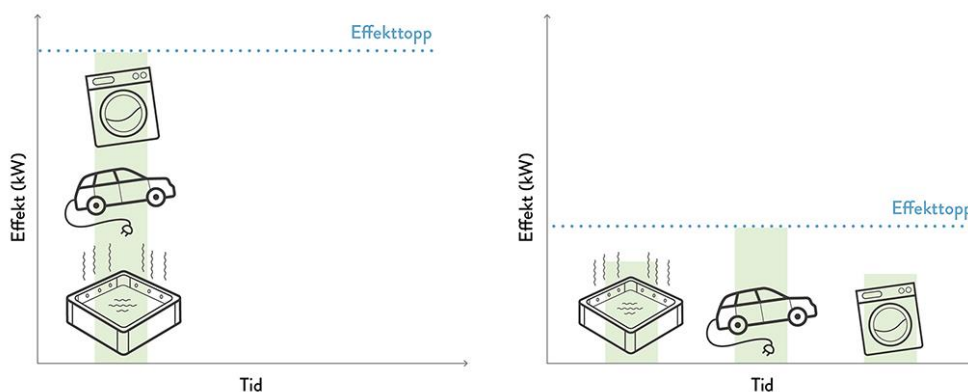
Trots att nätets totala effektuttag inte nått sin maxgräns kan det finnas lokala flaskhalsar för effektuttag och produktionsanläggningar. Det är inget nätägaren har märkt av än, men menar att det kan bli ett problem i närtid om det kommer in en ny förfrågan.

På sistone har det kommit in många förfrågningar om laddinfrastruktur, och trenden går mot allt fler större projekt med effekter på 2–3 MW. Till exempel har länsstyrelsen i uppdrag av regeringen att elektrifiera E4:an. Sådana satsningar kräver egna matningar och nätet i allmänhet blir högre belastat.

För att förbereda sig på eventuella nätstörningar pågår projekt hos Sundsvall Elnät där man studerar utrustning för att upprätthålla god elkvalitet när mycket solceller integreras i lokalnätet. Ett sätt att minska risken med elnätstörningar från solceller är att de som installerar solceller även installerar energilager.

En bidragande faktor för att göra energilager lönsamt tillsammans med solcellsanläggningar är att s.k. effekttariffer införs. Det innebär att slutkunden i högre utsträckning betalar för sitt effektuttag från elnätet. Genom att begränsa de effekttoppar som exempelvis kan uppkomma vid elbilsladdning och/eller då många elapparater används samtidigt med ett eget energilager, hålls effektagiften nere. En annan metod för att begränsa effekttoppar är att sprida ut elanvändningen över tid, se Figur 27.

Energimarknadsinspektionen håller i nuläget på att utreda hur sådana tariffer ska utformas, vilket redan implementerats i exempelvis Göteborgs Energis elnät samt i Sala-Heby Energis elnät.



Figur 27. Illustration av hur effektagiften kan hållas nere genom att sprida ut sin energianvändning över tid. (Bild: Göteborgs Energi)

Med mer intermittent energi i elnätet betonar Sundsvall Elnät vikten av redundans i systemet. Detta behöver utvärderas från fall till fall men kan innebära att installation av en solpark eller utökad laddinfrastruktur blir mer kostsamt än de ingående komponenterna.

### 6.6.2 EON regionnät i Sundsvalls kommun

EON äger både lokalnätet utanför Sundsvalls centralort med omnejd och regionnätet i hela kommunen. De många, stora vindkraftverk som finns i Sundsvalls kommun är direktanslutna till regionnätet.

Enligt intervju med Tomas Lundgren på EON är kapaciteten för inkoppling av nya produktionsanläggningar eller elförbrukare i regionnätet beroende på var i nätet inkopplingen önskas. Generellt är det bättre att ansluta i närheten av stora elledningar med hög kapacitet.

Framförallt är det stamnätet som är kapacitetsbegränsande. I väntan på Svenska Kraftnäts planerade förstärkningar av nätet går det ofta att lösa kapacitetsbegränsningar lokalt genom att exempelvis installera större transformatorer. Kostnaden för detta tillfaller som huvudregel den anslutande kunden.

EON utför en utredning av regionnätets kapacitet på platsen för varje inkommande förfrågan. Utifrån resultatet av elnätsanalysen ställer de sedan krav på anläggningen och tillhörande transformatorers maximala storlek för att undvika störningar i nätet.

Förutsättningarna för ökad andel förnybar elproduktion i nätet bedömdes dock som god.

### 6.6.3 Sammanfattning elnätets möjlighet att ta emot klimatneutral elproduktion

Omställningen till ett förnybart energisystem ställer nya krav på elnätet. Elproduktion har traditionellt i huvudsak varit centraliserad, kontinuerlig och planerbar men med decentraliserad och intermittent kraft från vindkraft och solceller ökar behovet av systemtjänster för att tillgodose elbehovet och upprätthålla god elkvalitet. Samtidigt ökar elbehovet i samhället till följd av den förnybara omställningen i form av laddinfrastruktur, datacenter och gröna industrier.

Med de nya förutsättningarna för elnätet finns risk för kapacitetsbegränsningar i elnätet. Både lokal- och regionnätet måste vid varje förfrågan för anslutning av en elproduktionsanläggning eller större elanvändare utreda elnätets kapacitet att hantera anslutningen vid aktuell inkopplingspunkt.

Ansvariga för såväl lokal- och regionnät ser dock förutsättningarna för ökad andel förnybar el i nätet som god.

## 7 Sammanställning och jämförelse

I detta kapitel jämförs de alternativ för klimatneutral elproduktion från kapitel 6 som bedömts ha potential. Detta i syfte att få en överblick över de vägval och vidare utredningar som Sundsvalls Kommunkoncern står inför. Vågkraft och kraftproduktion från biobränslen tas inte upp i denna sammanställning eftersom de i kapitel 6 inte bedömts ha potential.

### 7.1 Solel

Potentialen för utökad produktion av förnybar el via solceller är stor inom kommunen. Inom den planerade logistikparken finns potential att installera solcellsanläggningar motsvarande ca 3 MW, som skulle producera ca 2 600 MWh el årligen.

På byggnader finns potential att installera solcellsanläggningar motsvarande 33 MW, vilket skulle producera ca 28 000 MWh årligen motsvarande 14 % av kommunens elanvändning. Potentialen är störst på byggnader ägda direkt av Sundsvalls Kommun, som motsvarar ca 24 MW motsvarande ca 85 % total installerad effekt.

Utmaningarna vid markinstallation inom logistikparken är framförallt att markförhållandena ska vara goda så att solcellerna kan monteras på ett väderbeständigt stativ över 30 år. På byggnader krävs att konstruktionsberäkningar genomförs för att kontrollera takets hållfasthet, samt att el-tekniska förutsättningar utreds i detalj.

### 7.2 Vindkraft

Generellt finns huvudsakligen ett antal alternativ för Sundsvalls Kommunkoncern:

- Investera i och äga hela vindkraftverk
- Planera ytor i detaljplan för marknaden att investera i vindkraftverk på
- Köpa in sig i andelar av vindkraftverk
- Välja elavtal med ursprung från vindkraftverk

I de områden som planeras att tas med i ÖP2040 finns potential för ca 1,6 GW vindkraftseffekt vilket skulle producera ca 4 000 000 MWh el årligen, vilket motsvarar 20 gånger Sundsvalls Kommunkoncerns elanvändning. Skulle alla områden godkännas för etablering av vindkraftverk överstiger alltså potentialen för klimatneutral elproduktion med vindkraft motsvarande för solkraft inom kommunen.

### 7.3 Diskussion

I detta arbete har potentialbedömningen för solel och vindkraft ställts i proportion till elanvändningen i Sundsvalls kommunkoncern idag. Fram till år 2030 kommer sannolikt elanvändningen att förändras i takt med samhällets pågående energiomställning för minskad klimatpåverkan.

I arbetet för kommunens mål om att vara klimatneutral år 2030 är energieffektivisering av byggnader och verksamheter en viktig del som sänker det totala elbehovet och därmed minskar behovet av att kompensera med klimatneutral elproduktion. Därför rekommenderas att i första hand genomföra kostnadseffektiva energieffektiviseringsåtgärder för att sedan dimensionera elproduktionsanläggningar utifrån det nya, lägre elbehovet.



## 8 Ekonomi och juridik

I detta kapitel beskrivs ekonomiska förutsättningar och affärsmodeller för att investera i klimatneutral el utifrån vad som gäller i oktober 2021. Kapitlet avslutas med en diskussion kring:

- de olika juridiska personerna inom kommunkoncernen,
- vem/vilka är mest lämpliga att investera i klimatneutral el,
- vem/vilka som bör vara aktörer/investerare i första hand.

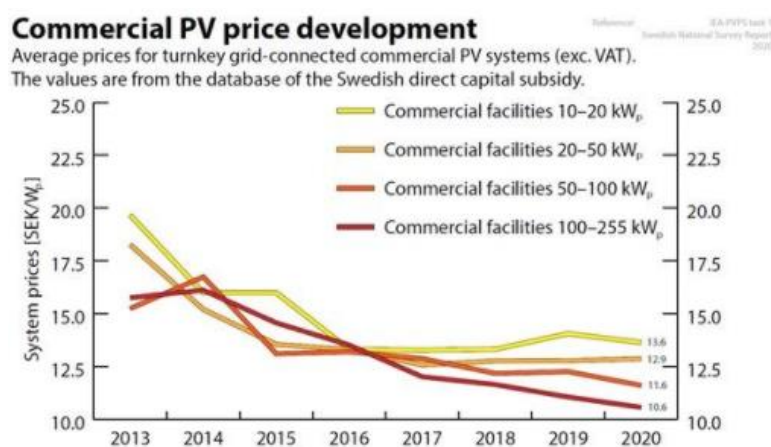
### 8.1 Investeringskostnader

Investeringskostnader för elproduktion beror av teknik- och materialval, projektering, markarbeten, byggnation, anslutning till elnätet och idrifttagning. För att jämföra olika anläggningar och även mellan olika förnybara kraftslag är praxis att ange totala investeringskostnaden per installerad bruttoeffekt (kr/kW<sub>p</sub>).

Inga investeringskostnader har beräknats för vågkraft eller kraftproduktion med biobränslen då potentialen bedöms som låg för Sundsvalls Kommunkoncern.

#### 8.1.1 Kostnader solet

Varje år analyserar och publicerar IEA utvecklingen på solcellsmarknaden i olika länder. Rapporten för år 2020 i Sverige har inte släppts när denna rapport skrivs men i Figur 28 redovisas resultatet från den.



Figur 28. Prisutveckling av medelpris för nyckelfärdiga solcellsanläggningar på kommersiella fastigheter i Sverige år 2013-2020. Exklusive moms.

Priset för solcellsanläggningar sjunker med stigande installerad effekt. För mindre anläggningar på kommersiella byggnader var kostnaden i genomsnitt 13 630 kr/kW<sub>p</sub> år 2020 medan en anläggning på 100–255 kW<sub>p</sub> i genomsnitt kostade 10 560 kr/kW<sub>p</sub>, se Tabell 17. Alla priser är exklusive moms.

Tabell 17. Genomsnittspris för olika storlekar av solcellsanläggningar på kommersiella byggnader som installerades år 2020.

Storlek på solcellssystem (kW <sub>p</sub> )	10-20	20-50	50-100	100-255
Genomsnittspris (kr/kW <sub>p</sub> )	13 630	12 860	11 600	10 560

För markbaserade solcellsanläggningar större än 255 kW<sub>p</sub> bedöms kostnaden uppgå till ca 9 000 kr/kW<sub>p</sub> för nyckelfärdig solcellsanläggning. I detta pris är inte inräknat eventuella tillkommande kostnader från elnätsbolaget för anslutningsavgiften eller förberedande markarbeten.

Grovt uppskattade kostnader för solcellsanläggningar presenterade under kapitel 6 presenteras nedan:

Tabell 18: Kostnader för solcellsanläggningar. Alla priser är exklusive moms.

Bolag	Effekt [kW <sub>p</sub> ]	Genomsnittlig kostnad [kr/kW <sub>p</sub> ]	Total kostnad [kkr]
Sundsvalls kommun	24 880	11 000	273 710
Mitthem	6 120	11 000	67 340
SKIFU	1 180	10 000	11 840
Sundsvalls Vatten	870	12 000	10 440
Sundsvalls Energi	160	11 000	1 710
Sundsvalls Logistikpark AB	3 000	10 000	30 070
<b>Summa</b>	<b>36 210</b>	<b>-</b>	<b>365 050</b>

Kostnaderna ovan är grovt uppskattade och baseras på IEAs rapport, bedömd komplexitet samt erfarenhet från tidigare projekt. I kostnaden innefattas material, montage och installation av nyckelfärdig solcellsanläggning, men inte andra kostnader såsom byggherrekostnader eller avsatt tid för projektledning.

### 8.1.2 Vindkraft

Investeringskostnaden för vindkraft skiljer sig mellan olika projekt, och ligger enligt AFRYs projekterfarenheter kring 9 000 - 15 000 kr/kW<sub>p</sub> för landbaserade vindkraftverk. För ett verk på 6 MW blir totala investeringskostnaden ca 65-70 miljoner kr.<sup>66</sup> Kostnaderna för vindkraft sjunker och mellan 2016 och 2020 uppger Energimyndigheten att de minskat med 16 %. För etablering av vindkraftverk inom områden som planeras att ta med i ÖP2040 uppgår grovt investeringskostnaden enligt följande:

Tabell 19: Beräknade investeringskostnader, vindkraft.

Område	Potential (MW)	Investeringskostnad [kr/kW <sub>p</sub> ]	Totalkostnad [kkr]
Stockåsbodarna	-	-	-
Högsvedjan	124	12 000	1 488 000
Långåsen	124	12 000	1 488 000
Pilkåsen och Anderna	1 116	12 000	13 392 000
Tjärdalsberget	186	12 000	2 232 000
Lyngsteråsarna	124	12 000	1 488 000

De ekonomiska incitamenten för en kommun att investera i vindkraft har försämrats sedan 2015, när vindkraftens subventionering med slopad energiskatt togs bort. Sedan dess är det framförallt aktörer som söker långsiktiga investeringar med låg risk och med låga avkastningskrav (exempelvis försäkringsbolag, pensionsfonder) som investerar i vindkraft, varav ca 66 % är utländska investerare.

<sup>66</sup> Telefon samtal med Tomas Hallberg, Svensk Vindenergi 2021-10-06

### 8.1.3 Energilager

Investeringskostnader för energilager skiljer sig mellan olika tekniker och storlekar. Tabell 20 visar ungefärliga investeringskostnader för olika typer av batterisystem. Observera att energilagringens kostnaden i pris per lagringskapacitet inte är helt jämförbar mellan olika tekniker eftersom de skiljer i effektivitet.

Tabell 20. Investeringskostnader för batterisystem av olika batteritekniker år 2018 och förväntad investeringskostnad år 2025.<sup>67</sup>

Teknik	Total projektkostnad 2018 (kr/kWh)	Förväntad projektkostnad 2025 (kr/kWh)
Litiumjon	4 100	3 200
Natrium-Svavel	7 900	5 900
Nickel-Metallhydrid <sup>68</sup>	11 200	-
Blysyra	4 800	4 100
Saltvattenbatteri <sup>69</sup>	7 500	-
Flödesbatteri (vanadin)	7 500	5 700

Lönsamhet för energilager är nära kopplat till hur batteriet ska användas, vilket för en enskild kund kan vara att minska effekttoppar för att minska elnätskostnader, öka egenanvändning av förnybar el eller att ha egen reservkraft. För elnätsägare kan incitamenten vara att skjuta upp investeringar för nätförstärkning eller agera som stödtjänst för spännings- och frekvensreglering.

<sup>67</sup>

[https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report\\_Final.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf) [2021-09-29]

<sup>68</sup> <https://hemsol.se/blogg/solcellsbatteri/> [2021-09-29]

<sup>69</sup> <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1446104/FULLTEXT01.pdf> [2021-09-29]

## 8.2 Ekonomiska stöd och skatter

I detta avsnitt redovisas de ekonomiska stödsystem som finns för förnybar el i Sverige samt de skatter som är förenade med de produktionsenheter som denna rapport omfattar.

### 8.2.1 Ekonomiska stöd

Fram till 7 juli 2020 fanns ett statligt investeringsstöd för solceller, men sedan dess finns inget ekonomiskt investeringsstöd att söka för företag och offentliga aktörer vid investering i en solcellsanläggning.<sup>70</sup>

Sedan 2003 har det funnits ett gemensamt elcertifikatsystem i Sverige och Norge som är till för att stimulera utbyggnaden av förnybar elproduktion och bygger på att producenter som tillverkar förnybar el tilldelas certifikat och aktörer som handlar eller använder mycket el (exempelvis en elleverantör eller elintensiv industri) tilldelas kvotplikt. För varje producerad MWh förnybar el finns möjlighet att ansöka om ett elcertifikat. När en elproducent ansökt om elcertifikat kan denne sälja det till en kvotpliktig aktör på en öppen marknad.<sup>71</sup> Ett elcertifikat har idag ett marknadspris på 1-2 kr. Sedan 1 juli 2021 finns en kontoavgift på 200 kr/år för att handla med elcertifikat vilket medfört att det inte längre lönar sig för mindre produktionsanläggningar att handla med elcertifikat. För solcellsanläggningar är det först över ca 100 kW som det blir lönsamt att handla med elcertifikat.<sup>72</sup> Elcertifikatsystemet kommer att finnas till år 2035 men anläggningar i Sverige som sätts i drift efter 31 december 2021 kommer inte kunna godkännas i systemet.<sup>73</sup>

Ett annat ekonomiskt stödsystem är ursprungsgarantier. För varje producerad MWh el får elproducenter en garanti av staten som bevisar med vilken energikälla elen har producerats. Ursprungsgarantin kan sedan säljas på en öppen marknad till elleverantörer som vill kunna garantera ursprunget på den el de säljer till slutkunden.<sup>74</sup>

### 8.2.3 Energiskatt

Huvudregeln för elanvändning i Sverige är att slutanvändaren är skattepliktig och ska betala energiskatt. Det innebär att den som producerar el till elnätet inte betalar energiskatt men om elproducenten använder elen själv, helt eller delvis, så ska denne betala energiskatt för den egenanvända elen.

För att främja småskalig förnybar el finns undantag från huvudregeln kring energiskatt. Sedan 1 juli 2021 gäller att el från en anläggning med en installerad generatoreffekt under 100 kW<sub>p</sub> och som inte överförs till elnätet är undantaget skatteplikten. 100 kW<sub>p</sub> generatoreffekt motsvarar:

- 500 kW<sub>p</sub> solelanläggning
- 250 kW<sub>p</sub> vind- eller vågkraftsanläggning

En producent som endast äger en anläggning under 100 kW<sub>p</sub> är helt skattebefriad för den egenanvända elen. En producent som har flera anläggningar, där var och en understiger 100 kW<sub>p</sub> men tillsammans överstiger 100 kW<sub>p</sub>, är däremot skatteskyldig

<sup>70</sup> <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/vilka-stod-och-intakter-kan-jaq-fa/stod-vid-investering/> [2021-09-29]

<sup>71</sup> <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/om-elcertifikatsystemet/> [2021-10-01]

<sup>72</sup> <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/certifikatregistret-cesar/avgift-pa-200-kr-for-elcertifikatkonton/> [2021-10-01]

<sup>73</sup> <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/06/elcertifikatsystemet--det-svenska-stopdatumet-den-31-december-2021-star-fast/> [2021-10-01]

<sup>74</sup> <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/ursprungsgarantier/mer-om-ursprungsgarantier/> [2021-10-01]

men har rätt till skatteavdrag på egenanvänd el motsvarande energiskatten. Producenten har alltså en administrativ skyldighet att redovisa all elanvändning men kan göra avdrag motsvarande energiskatten för egenanvänd el.

En producent med en anläggning över 100 kW<sub>p</sub> installerad generatoreffekt betalar full energiskatt (35,6 öre/kWh exkl. moms, sedan 1 januari 2021) för all egenanvänd el, inklusive el från eventuella andra anläggningar med generatoreffekt under 100 kW<sub>p</sub>.<sup>75</sup>

Energiskattereglerna innebär att lönsamheten sjunker för en solcellsanläggning över 500 kW<sub>p</sub> och fastighetsägare väljer därför oftast att hålla sig under denna gräns.

Reglerna innebär även att när en juridisk person äger flera solcellsanläggningar som tillsammans överstiger 500 kW<sub>p</sub> men var och en är under 500 kW<sub>p</sub>, så blir denne skatteskyldig och då måste redovisa all elanvändning till Skatteverket varje månad, något som annars sköts av elnätsbolaget. Detta innebär mer administrativt arbete, särskilt om den juridiska personen har många elnätsabonnemang.

Energiskattefrågan har nyligen varit under utredning av Finansdepartementet vilket resulterade i att generatoreffektgränsen höjdes från 50 kW till 100 kW den 1 juli 2021. Branschföreningen Svensk Solenergi hade velat se en helt slopad energiskatt för egenproducerad sol, något som Frankrike, Spanien och Österrike redan gjort. Men svenska regeringen bedömde att helt slopad energiskatt vid direktanvändning av egenproducerad el kan vara ett brott mot EU-regler för statsstöd eftersom vi även har elcertifikatsystemet i Sverige. Regeringen valde istället att höja effektgränsen.<sup>76</sup>

#### 8.2.4 Fastighetsskatt

När en solcellsanläggning installeras på en byggnad, tillkommer ingen fastighetsskatt utan byggnaden behåller sin tidigare klassificering och taxeringsvärde.

För fristående elproduktionsanläggningar är huvudregeln att de ska taxeras som en elproduktionsenhet. För vindkraftverk gäller att fastighetsskatten är 0,2 % av taxeringsvärdet.<sup>77</sup> Däremot finns inte solcellsparker definierade i lagstiftningen än och har därför inget taxeringsvärde, varför heller ingen fastighetsavgift betalas. I framtiden kan dock detta komma att ändras.<sup>78</sup>

### 8.3 Värde av producerad el

När en solcellsanläggning är installerad på en byggnad och solelen kan användas direkt i byggnaden blir besparingen vad det hade kostat att köpa in motsvarande el (elpris, rörlig elöverföringsavgift, energiskatt och elcertifikatavgift). Soler som inte kan användas direkt i byggnaden kan antingen levereras ut på elnätet eller lagras i ett energilagring.

El som matas ut på elnätet kan säljas på elmarknaden genom att teckna ett avtal med en elhandlare. Priset för såld el brukar ligga kring det rörliga spotpriset på den nordiska elmarknaden. För el som matas ut på elnätet är dessutom elnätsbolaget skyldiga att betala ut en ersättning, vanligtvis ca 3 öre/kWh. Detta gäller både

<sup>75</sup>

<https://skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/punktskatter/energiskatter/skattpael.4.15532c7b1442f256bae5e4c.html> [2021-10-01]

<sup>76</sup> <https://fastighetstidningen.se/effektgrans-for-solceller-dubblas/> [2021-09-29]

<sup>77</sup>

<https://skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/fastighet/mikroproduktionavfornybarelarningsfastighet.4.309a41aa1672ad0c837b4e8.html> [2021-10-05]

<sup>78</sup> [https://www.utn.uu.se/sts/student/wp-content/uploads/2020/01/2001\\_Alfred\\_Oskar-.pdf](https://www.utn.uu.se/sts/student/wp-content/uploads/2020/01/2001_Alfred_Oskar-.pdf) [2021-09-29]

överskottsel från en anläggning på en byggnad och eller en anläggning som enbart producerar till elnätet.<sup>79</sup>

## 8.4 Affärsmodeller

I detta avsnitt diskuteras tre olika affärsmodeller för att investera i klimatneutral elproduktion, se Tabell 21.

Tabell 21. Olika affärsmodeller för kommunen att investera i klimatneutral el.

Vägval	Beskrivning
Eget ägande	Kommunen investerar i och äger elproduktionsanläggningen.
Andelsägande	Kommunen köper andelar i en ekonomisk förening eller ingår avtal med andra aktörer om samägande av anläggningen.
PPA-avtal	Kommunen ingår ett avtal med en aktör som investerar i och äger anläggningen. Kommunen förbinder sig att köpa att el från anläggningen under en lång tidsperiod (10-15 år).

### 8.4.1 Ägande i egen regi

Inom solenergi är den vanligaste förekommande affärsmodellen att företag och privatpersoner bygger solcellsanläggningar i egen regi, där ansvaret för själva installationen utförs av ett företag inom solenergi eller en elinstallatör. Både marken/taket och solcellsanläggningen ägs i så fall av samma juridiska person som i viss mån blir en egen elproducent.

Detta är inte lika vanligt förekommande inom vindkraft, vilket diskuteras nedan.

### 8.4.2 Andelsägd förnybar energiproduktion

Bolag kan välja att gå med i en ekonomisk förening för att investera i exempelvis solkraft eller vindkraft gemensamt med andra andelsägare med intresse i att investera i förnybar energi.

För en andelsägarförening kan exempelvis solel produceras som antingen fördelas till föreningens medlemmar, säljs till nätet eller till en byggnad där vinsten för elproduktionen går till föreningen.

Inom vindkraft är det oftast stora investerare som pensionsbolag, försäkringsbolag, investmentbanker, kapitalförvaltare eller energibolag som äger vindkraftverken. Merparten av investeringarna i svensk vindkraft görs av utländska investerare. Utvecklingen har gått mot allt mindre lånanandel (idag högst ca 50 % av investeringen) och att både banker och investerare ställer krav på prissäkrade kontrakt (PPA) i 10-15 år.<sup>80</sup>

Ett exempel är föreningen Solel i Lindesberg som har en anläggning på Lindesskolans tak som försörj skolan med el.<sup>81</sup> Vidare exempel för vindkraft presenterades under avsnitt 4.2.2, där Tanums Kommun tillsammans med två andra bolag investerade i ett vindkraftverk.

<sup>79</sup> <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/lar-dig-mer-om-solceller/solcellsparker/> [2021-09-29]

<sup>80</sup> <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/lagesrapporter/elmarknaden/2019/vindkraftens-teknik--och-kostnadsutveckling.pdf> [2021-09-29]

<sup>81</sup> <https://www.framtidenssolel.se/verktyg-for-foretag/ekonomi-och-lonsamhet/affarsmodeller/> [2021-09-29]

### 8.4.3 PPA-avtal

Istället för att själva äga klimatneutral kraftproduktion kan ett bolag teckna ett så kallat PPA-avtal (Power Purchase Agreements), där de förbinder sig att köpa all el från en viss anläggning under ett visst antal år. PPA-baserade solprojekt kan exempelvis göras både som takbaserade projekt på fastigheter eller som solparker. PPA-leverantören bygger, finansierar, äger, försäkrar och driftar solcellsanläggningen och bolaget förbinder sig till att köpa den producerade elen, vanligtvis till ett fast pris med en avtalad prisökning. Så länge detta pris understiger kostanden för köpt el återfås alltså en besparing direkt när produktionsanläggningen är driftsatt.

Eftersom PPA-leverantören endast får betalt för den elen som produceras har leverantören ett incitament till att se till att anläggningen producerar som den ska över sin tekniska livslängd.

Då PPA handlas upp är det fler juridiska aspekter att ta hänsyn till jämfört med att ägande i egen regi, då ansvarsfördelningen och ägandeskapet behöver förtydligas.

Ett exempel är det kommunala energibolaget Jämtkraft som nyligen tecknade ett PPA-avtal med Energiengagemang där de förbinder sig att i 20 år köpa all el från en kommande solcellspark utanför Motala. Parken planeras att driftsättas under andra halvan av år 2022 och väntas bli Sveriges största solcellspark, med 24 MW<sub>p</sub> installerad effekt.<sup>82</sup>

En viktig aspekt för att bidra till ökad klimatneutral elproduktion när PPA-avtal tecknas är additionalitet, vilket innebär att projektet tillkommer och möjliggörs just för att avtalet tecknas. Annars är denna avtalsform att likställas med ursprungsgarantier.

---

<sup>82</sup> <https://www.solenerginyheter.se/20210929/2281/jamtkraft-i-avtal-rekordstor-solkraftsanlaggning-utanfor-motala> [2021-09-29]

## 8.5 Klimatneutral elproduktion inom Sundsvalls Kommunkoncern

I detta avsnitt behandlas vilka olika vägval och förutsättningar Sundsvalls kommunkoncern har för att öka produktion av klimatneutral el.

### 8.5.1 Vägval för klimatneutral elproduktion inom Sundsvalls Kommunkoncern

För att välja ut en väg att öka klimatneutral elproduktion måste Sundsvalls kommunkoncern definiera vad som är önskvärt att uppnå. Det handlar om att exempelvis utreda följande frågeställningar:

- Ska den klimatneutrala elen produceras inom kommunkoncernens egna fastigheter eller inom Sundsvall kommuns geografiska område?
- Är det total produktion av klimatneutral el som avses eller andel klimatneutral el av total energianvändning?

Utifrån hur syftet definieras kan lämpliga alternativ väljas ut, prioriteras och kombineras.

Tabell 22. Möjliga vägval för kommunen att öka klimatneutral el.

Vägval	Beskrivning
Energieffektivisering	Kommunkoncernen minskar sin elanvändning genom energieffektivisering. Detta kan med fördel göras innan investering i klimatneutral elproduktion.
Eget ägande	Kommunen investerar i och äger elproduktionsanläggningen.
Andelsägande	Kommunen köper andelar i en ekonomisk förening eller ingår avtal med andra aktörer om samägande av anläggningen.
PPA-avtal, inom kommunägd fastighet	Kommunen ingår avtal med en extern aktör som äger och driftar en elproduktionsanläggning inom en kommunägd fastighet. Kommunen förbinder sig att köpa all el.
PPA-avtal, extern anläggning	Kommunen ingår avtal med en extern aktör som äger och driftar en extern elproduktionsanläggning. Kommunen förbinder sig att köpa all el.
Gröna elavtal	Kommunen köper el med ursprungsgarantier från klimatneutrala energislag. Detta är en indirekt metod att stimulera marknaden att investera i klimatneutral el och det går inte att se konkreta resultat.

### 8.5.2 Organisation

Inom Sundsvalls Kommun finns olika alternativ till vilket bolag som skall äga eller avtala om förnybar elproduktion. Då den befintliga 100 kW-gränsen (500 kW för solenergi) för att behöva administrera och betala energiskatt kan exempelvis ett eventuellt ägande i produktionsanläggningar fördelas mellan kommunens olika bolag.

Ett annat alternativ är att helt ålägga ett av kommunens bolag att äga och/eller investera i klimatneutral elproduktion så att det tillkommande administrativa arbetet helt tillfaller endast ett av kommunens bolag. Det tillkommer dock förtydliganden som behöver göras gällande vem som ansvarar för vad, om exempelvis Sundsvall Energi etablerar en solcellsanläggning på en av Mitthem fastigheter där deras egna fastighetstekniker har ansvar för driften av byggnaden.



Eftersom Sundsvall Energi är ett elhandelsbolag kan olika former av investeringar i förnybar elproduktion vara intressant. Med solel kan slutkunden då få elen levererad från sitt tak genom ett avtalat pris med Sundsvall Energi via exempelvis PPA-avtal.

Ytterligare ett alternativ är att Sundsvalls Kommunkoncern bildar ett nytt bolag med uppdrag att äga, drifva och administrera klimatneutral elproduktion via exempelvis solceller. Skulle detta bolag investera i klimatneutral elproduktion med en installerad effekt som överstiger 100 kW-gränsen behöver inte det bolaget deklarerat och administrera någon egen energianvändning, vilket t.ex. MittHem skulle behöva göra om de överstiger 100 kW-gränsen i installerad effekt.

8.5.3 Mål för klimatneutral elproduktion inom Sundsvalls Kommunkoncern  
I kapitel 4 presenterades kortfattat exempel på hur andra kommuner hanterat motsvarande frågor som utretts i denna rapport. Vanligt är att ett mätbart och tidsatt mål satts upp, exempelvis 10 % förnybar elproduktion till 2030.

För Sundsvalls Kommunkoncern skulle 10 % förnybar elproduktion innebära ca 20 000 MWh år 2030. Det behöver dock definieras vad som avses, d.v.s. om det är 20 000 MWh el som ska produceras och användas inom Sundsvalls Kommunkoncerns bolag eller om 20 000 MWh produktion till nätet möter målbilden. Att producera klimatneutral el endast för egen användning är en större utmaning på grund av den intermittenta produktionens natur men kan anses göra en större verklig skillnad då Sundsvalls Kommunkoncern elanvändning kommer direkt från förnybar el.

Om en byggnad ska förses med solceller exempelvis så har det historiskt varit mest ekonomiskt att dimensionera anläggningen så att den täcker byggnadens elbehov, och inte säljer ett stort överskott till nätet. Är målsättningen dock att producera så mycket klimatneutral el som möjligt så kan anläggningen dimensioneras så att en stor mängd av elen levereras till nätet.

Enligt resultaten i denna rapport skulle ett mål om 10 % klimatneutral elproduktion vara nåbart, exempelvis genom investering i solcellsanläggningar på alla kommunens egenägda byggnader eller investering i vindkraft. Det bedöms dock som svårt att nå detta till 2030 då det är frågor som rör ägande och avtalsformer som behöver besvaras så att en eventuell satsning blir strategisk och långsiktig.

## 9 Handlingsplan

Syftet med utredningen var delvis att ta fram en handlingsplan utifrån presenterade resultat för fortsatt strategiskt arbete med klimatneutral elproduktion.

Genom ett systematiskt utvecklingsarbete med energieffektivisering av kommunens energianvändning, smart byggande med klimatvänliga byggmaterial och lågenergihus, och en satsning av egenproducerad klimatneutral el bedöms Sundsvalls Kommunkoncerns möjligheter att minska sin klimatpåverkan som god.

Nedan följer en handlingsplan för vidare arbete:

1. Definiera mål och syfte med en satsning inom klimatneutral elproduktion och harmonisera detta mot kommunens övergripande mål
2. Se över möjlighet till energieffektivisering inom kommunala byggnader och verksamheter
3. Utred lämplig affärsmodell för investering i klimatneutral elproduktion och utred/besluta vilket/vilka bolag som ska investera/äga/ingå avtal.
4. Genomför potentialstudie för solceller på tak på kommunägda byggnader för att rangordna objekt efter lämplighet
5. Genomför detaljerad utredning för att etablera en solcellspark i logistikparken

I ett första steg bör kommunen definiera syftet och ett mål med en satsning inom klimatneutral elproduktion. I detta mål kan ambitionsnivån definieras varefter en mer detaljerad handlingsplan med ansvarsfördelning inom kommunens organisation tas fram.

Att energieffektivisera kommunägda byggnader och verksamheter minskar kommunkoncernens elanvändning och klimatpåverkan, vilket minskar behovet av att kompensera med klimatneutral elproduktion. Därför rekommenderas att i ett andra steg genomföra kostnadseffektiva energieffektiviseringsåtgärder.

I ett tredje steg, vilket kan påbörjas parallellt med steg 2, bör kommunkoncernen utreda vilka affärsmodeller och avtalsägare som ska användas vid investering i klimatneutral el. Investeringarna kan då dimensioneras utifrån det nya, lägre elbehovet som energieffektiviseringsåtgärder resulterat i.

Åtgärd 4 och 5, att vidare utreda möjligheterna till att installera solcellsanläggningar på kommunägda fastigheter, har valts ut från övriga möjligheter att öka klimatneutral el baserat på:

- Exempel från andra kommuner visar att det är det vanligaste sättet för kommuner att investera i klimatneutral el idag
- Sundsvalls kommun har börjat installera solceller på enstaka byggnader
- Solcellsanläggningar på byggnader ger extra lönsamhet då elen kan användas direkt av byggnaden, eftersom inköp av el då undviks.

Beroende på kommunkoncernens beslut kring olika affärsmodeller och energislag kan åtgärd 4 och 5 komma att ändras eller handlingsplanen utökas med nya åtgärder.