

Uppskattning av flexibilitet som kan möjliggöras inom elsystemet

Energimarknadsinspektionen

Rapport nr.: 2023-9406, Rev. 1

Dokument nr.: 10426437

Datum: 16 juni 2023



Rapporttitel: Uppskattning av flexibilitet som kan möjliggöras inom elsystemet DNV Energy systems
Energy Markets and Strategy

Uppdragsgivare: Energimarknadsinspektionen, Elektrogatan 10
Box 155 171 54 Solna
631 03 ESKILSTUNA

Kontaktperson: Erik Andersson

Datum: 16 juni 2023

Projekt nr.: 10426437

Org. enhet: Energy Markets and Strategy Nordics

Rapport nr.: 2023-9406, Rev. 1

Dokument nr.: 10426437

Leverering av denna rapport är underlagt bestämmelserna i följande relevant(a) kontrakt:

Uppdragsbeskrivelse:

Syftet med projektet är att skatta hur mycket flexibilitet som kan realiseras fram till vintrarna 2023/24, 2025/26 och 2030/31 utifrån olika förutsättningar. Målet med uppskattningen är att den ska bidra till analys av omfattningen av/behovet av ytterligare åtgärder för ökad flexibilitet i elsystemet.

<p>Utfört av:</p> <p>Huang, Yalin Digitally signed by Huang, Yalin Date: 2023.06.16 09:31:47 +02'00'</p> <p>Yalin Huang Consultant</p>	<p>Verifierat av:</p> <p>Bjørndalen, Jørgen Digitally signed by Bjørndalen, Jørgen Date: 2023.06.16 09:39:07 +02'00'</p> <p>Jørgen Bjørndalen Senior Principal</p>	<p>Godkänt av:</p> <p>Zwart, Roel Jouke Digitally signed by Zwart, Roel Jouke Date: 2023.06.16 13:38:37 +02'00'</p> <p>Roel Zwart Head of section Nordics</p>
<p>Svensson, Alexander Digitally signed by Svensson, Alexander Date: 2023.06.16 13:04:13 +02'00'</p> <p>Alexander Svensson Engineer</p>	<p>Lucas Thomée Digitally signed by Lucas Thomée Date: 2023.06.16 12:12:34 +02'00'</p> <p>Lucas Thomée Senior Engineer</p>	

Copyright © DNV 2023. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV distribution:

- ÖPPEN. Fri distribution, internt och externt.
- INTERN. Fri distribution internt i DNV.
- Enligt KOMMERSIELLA villkor / kontrakt.
- KONFIDENTIELL. Distribution inom DNV enligt villkor / kontrakt.
- HEMLIG. Endast auktoriserad tillgång.

Nyckelord:

*Distributionslista:

Rev.nr.	Datum	Anledning för utgåva	Utfört av	Verifierat av	Godkänt av
0	2023-05-24	First issue	Y. H. & A. S.	J. B.	R. Z.
1	2023-05-31	Second issue	Y. H. & A. S.	J. B.	R. Z.
02	2023-06-16	Final issue	Y. H. & A. S.	J. B., L.T	R. Z.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	4
2	KARTLÄGGNING AV POTENTIALEN AV FLEXIBILITET	6
2.1	Efterfrågeflexibilitet	6
2.1.1	Uppvärmning av hushåll	6
2.1.2	Apparater i hushållen	8
2.1.3	Belysning i hushållen	8
2.1.4	Service – ventilation och uppvärmning	9
2.1.5	Service – kyl/frys	9
2.1.6	Service – belysning	9
2.1.7	Industri – massa- och pappersindustri	9
2.1.8	Industri – stål	10
2.1.9	Industri – aluminium elektrolys	10
2.1.10	Industri – kemi	10
2.1.11	Industri – cement	11
2.1.12	Industri – datacenter	11
2.1.13	Transport	11
2.2	Energilagring	16
2.2.1	Batterier	16
2.2.2	Pumpkraft	20
2.3	Producenter	20
2.4	Sammanfattning	21
3	POTENTIALEN SOM KAN REALISERAS VINTERN 2023/24	23
3.1	Efterfrågeflexibilitet	23
3.1.1	Hushåll, service och industri	23
3.1.2	Transport	24
3.2	Lagring	26
3.3	Sammanfattning	27
4	POTENTIALEN SOM KAN REALISERAS VINTERN 2025/26	29
4.1	Efterfrågeflexibilitet	29
4.1.1	Hushåll, service och industri	29
4.1.2	Transport	31
4.2	Lagring	34
4.3	Sammanfattning	37
5	POTENTIALEN SOM KAN REALISERAS VINTERN 2030/31	38
5.1	Hushåll, service	38
5.1.1	Värmepumpar	38
5.1.2	Service	38
5.2	Industri	39
5.2.1	Papper och massa	39
5.2.2	Datacenter	39
5.2.3	Vätgas	39
5.3	Realisering av flexibilitet inom hushåll och industri	40
5.4	Transport	40
5.4.1	G2V	40
5.4.2	V2G	41
5.5	Lagring	42
5.5.1	Batteri – stora anläggningar	42
5.5.2	Batteri – batterier kopplade till privata solcellsanläggningar	43
5.5.3	Pumpkraftverk	45
5.6	Sammanfattning	45
6	SLUTSATS.....	47



7 REFERENS..... 49

1 INTRODUKTION

Energimarknadsinspektionen (Ei) har fått ett uppdrag av regeringen att främja ett mer flexibelt elsystem. Uppdraget består av fem deluppdrag med olika inriktningar och flera ansvariga myndigheter. I det femte deluppdraget ingår en gemensam analys för att uppskatta hur mycket flexibilitet som kan möjliggöras fram till vintrarna 2023/24, 2025/26 och 2030/31. Med anledning av regeringsuppdraget så har Ei anlitat DNV att utföra ett konsultuppdrag där DNV ska uppskatta hur mycket flexibilitet som kan realiseras fram till vintrarna 2023/24, 2025/26 och 2030/31 utifrån olika förutsättningar. Målet med uppskattningen är att den ska bidra till en analys av omfattningen/behovet av ytterligare åtgärder för ökad flexibilitet i elsystemet. Flexibilitet i uppdraget omfattar efterfrågeflexibilitet, energilagring samt styrning av småskalig elproduktion. Resultatet kommer att användas som underlag inom det femte deluppdraget.

Potentialuppskattningen kommer att utgå från den tekniska potentialen för olika resurser som kan bidra med flexibilitet, men större fokus i det här uppdraget kommer ligga på hur mycket av denna potential som kan realiseras. Realisering av efterfrågeflexibilitet kommer vidare att delas upp i en implicit och en explicit del. Implicit efterfrågeflexibilitet, som även kallas för prisbaserad efterfrågeflexibilitet, innebär att konsumenten anpassar sin konsumtion baserat på tidsvarierande elpriser och nättariffer, detta kan ske genom att konsumenten själv informerar sig om aktuella priser och gör en anpassning eller genom någon form av automatisk/intelligent styrning baserat på olika prissignaler. Explicit efterfrågeflexibilitet är också prisbaserad, men innebär ett explicit förfarande där en flexibilitetsleverantör blir kompenserad för att använda mer eller mindre el under en given tidsperiod, t.ex. genom att delta i marknader, antingen direkt, via serviceleverantörer eller genom att ha bilaterala avtal¹.

I denna rapport uppskattas först den tekniska potentialen från olika sektorer, med hänsyn till olika förutsättningar för olika resurser. Sedan undersöks hur mycket av denna potential som kan realiseras genom explicit aktivering och implicit aktivering. Explicit aktivering är i denna rapport endast beräknad från den kvalificerade volymen i de lokala flexibilitetsmarknaderna. En anledning är att andra metoder, till exempel bilaterala avtal, som är teoretiskt möjliga, ännu inte är så vanliga och detta är också mycket beroende på reglering, vilket vi inte vill spekulera kring. Efter att ha tagit bort den explicita flexibiliteten från den tekniska potentialen är den resterande volymen det som potentiellt kan realiseras via implicit aktivering. Hur mycket av detta som kommer att realiseras vid implicit aktivering, d.v.s. hur mycket konsumtion som kommer att ändras jämfört med baseline, beror på kombinationen av förutsättningar, till exempel elpriset, konsumenternas vanor och medvetenhet, tillgången på tjänstleverantörer etc. Kombinationen av förutsättningar kommer att påverka olika sektorer på olika sätt. Vid uppskattning av realiserbar potential, har vi använt många antaganden som är baserade på vår kunskap och aktuell information. Dessa antaganden kan och bör uppdateras när ny information är tillgänglig.

I den första delen av rapporten uppskattas den tekniska potentialen för efterfrågeflexibilitet inom olika sektorer vilket inkluderar hushåll, servicesektor, industri, transport och energilagring. Metoden för att uppskatta potentialen liknar vår tidigare rapport, *Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät* (DNV, 2021). Vi fokuserar på de resurser som bidrar mest i varje sektor, till exempel uppvärmning i hushållssektorn och personbilar i transportsektorn. Baserat på tillgängliga uppgifter och sektorernas egenskaper skiljer sig metoderna för att uppskatta potentialen från sektor till sektor. Uppskattningen av flexibilitetspotentialen är på timbasis och tar bara hänsyn till de resurser som förbrukar el under den timmen. DNV har tolkat frågan i den här studien som att fokus ska ligga mer på topplasttimmar där behov av flexibilitet tycks vara störst. Vi har fokuserat på de potentiella topplaststimmarna, som infaller under vardagarnas senare eftermiddagstimmar och tidig kväll. Den uppskattade potentialen är den potential som är tekniskt möjlig, vilket innebär att förbrukningen kan flyttas eller minskas om användaren kan och utan att förlora för mycket komfort eller störa den ursprungliga funktionen. Sådana begränsningar presenteras som uthållighet i timmar och återhämtningstid i timmar.

Flexibilitetspotentialen förväntas förändras i framtiden och i de följande kapitlen räknas därför potentialen under motsvarande vintrar på grundval av utvecklingen i olika sektorer under det året. Flexibilitetspotentialen under respektive vinter är grunden för uppskattning av realisering av flexibilitet. Potentialen som i den här rapporten beräknas som

¹ Föregående definitioner utgår från Ei rapporten och har justerats för att spegla utvecklingen på området.

explicit aktivering, är begränsad till den lokala flexibilitetsmarknaden. Flexibilitetsresurser kan också delta i andra typer av marknader, till exempel balansmarknaderna, men med tanke på den begränsade transparensen på utbudet på dessa marknader kan vi inte vara säkra på att de resurser som finns på de lokala flexibilitetsmarknaderna inte också deltar i balansmarknaderna. För att undvika dubbelräkning beräknas explicit flexibilitet utifrån de resurser som deltar på de lokala flexibilitetsmarknaderna, med risk för att underskatta den explicita potentialen.

Realisering via implicit aktivering påverkas till stor del av etablerade vanor, den information konsumenterna har, kunskapen och de ekonomiska förutsättningarna. Vi baserar våra antaganden till stor del på hur konsumenterna har betett sig under vintern 2022. På grund av det höga elpriset, energipriset, risken i energisäkerheten och de stora kampanjerna för att spara energi vintern 2022 har medvetenheten om att använda el flexibelt ökat mycket. Det antas att denna kombination av förhållanden kommer att fortsätta de kommande vintrarna. Energipriset och elpriset förväntas fortfarande att vara så höga att människor reagerar på priset på samma sätt som vintern 2022. Dessutom förväntar vi oss att en del av ett sådant beteende kommer att bli permanent, vilket innebär att konsumtionsvanorna eller konsumtionsmönstret (baseline) kommer att förändras gradvis. Denna beteendeförändring beror på kundens flexibilitet, utrustning och vanor, men det betyder också en risk för att potentialen för att ändra blir mindre under året där förändringen sker jämfört med året innan denna förändring². Därför kommer potentialen att vara flexibel på lång sikt. Detta är det grundläggande antagandet vi har för uppskattning av flexibilitetspotential år 2030. Realisering är svårare att uppskatta år 2030 eftersom marknadsstrukturen förväntas förändras, tekniken utvecklas och människors beteende förändras. År 2030 skiljer vi inte implicit och explicit flexibilitet utan gör istället en uppskattning av hur mycket som sannolikt kommer att kunna realiserats totalt.

Denna rapport fokuserar på flexibiliteten under topplasttimmarna som är mellan kl.16-20. Den flexibilitet som vi har uppskattat är endast flexibiliteten på efterfrågesidan, flexibiliteten från produktion är exkluderad och skälen förklaras i rapporten. De resurser som beaktas är de resurser som förbrukar mest el i sin sektor och med relevanta tillgängliga data. Denna analys bygger på en sammanställning av data från befintliga studier.

² Om en konsument permanent flyttar viss förbrukning som idag sker på eftermiddagen till natten, kan denna eftermiddagsförbrukning inte längre vara flexibel – den finns inte mera. Nyckelordet här är 'permanent' – om förbrukningen flyttas tillfälligt, till exempel på grund av elpris – kan den vara flexibel, men då måste man också vara mycket noggrann med huruvida den aktuella förbrukningen ingår i baseline för eftermiddagen eller för natten. Om den är båda tider, finns risk för dubbelräkning.

2 KARTLÄGGNING AV POTENTIALEN AV FLEXIBILITET

I detta kapitel beskrivs metoden för att uppskatta den tekniska potentialen av flexibilitet. Med det menas hur stor reduktion i och flytt av elförbrukningen som skulle kunna vara möjlig om absolut alla konsumenter agerade simultant och koordinerat. Denna bruttopotential tar inte hänsyn till praktiska svårigheter eller eventuell motvilja mot ändrad konsumtion/ändrat beteende. Siffrorna i detta kapitel är ingen prognos över vad som skulle kunna ske i marknaden inom de närmsta vintrarna.

Flexibilitetspotentialen visas i form av flyttbar potential och reduktionspotential. För vissa resurser kommer en minskning av förbrukning resultera i en lika stor ökning direkt efter förbrukningsminskningen, till exempel för resurser som kyl och frys, medan andra resursers ökning inte är tidskritisk på grund av lagringsmöjligheter, till exempel i vissa industrier. Vissa resurser kan ändra sin förbrukning utan att kompensera för detta vid ett annat tillfälle (det vill säga det sker ingen så kallad rebound effect). Detta anges i denna rapport som "reduktionspotential". Vi använder även begreppet uthållighet och återhämtningstid för att beskriva egenskaper hos flexibilitetsresurser. Uthållighet betyder hur länge en minskning eller ökning kan pågå. Återhämtningstid är den tid som resurserna är otillgängliga innan de åter kan leverera flexibilitet. Vi antar inte att dessa två parametrar "uthållighet" och "återhämtningstid" har förändrats så mycket sedan förra gången vi undersökte detta. Vi använder samma resultat som i föregående rapport *Samhällsekonomiska kostnader och nytta av smarta elnät* (DNV, 2021). Flexibilitetspotentialen under möjliga topplasttimmar, d.v.s., vardagseftermiddag och -kväll, är i fokus i den här rapporten.

Potentialen i det här kapitlet beräknas för vintern i år, det vill säga vintern 2023/24. Baserat på den nuvarande tekniken, konsumentbeteendet, tillgängliga tjänsteleverantörer och marknadsplatser för flexibilitet, uppskattar vi hur mycket elförbrukning som kan minskas eller flyttas i tid under vintern 2023/24, relativt till vad förbrukningen tycks vara utan några åtgärder (baseline 2023). För kommande år bör denna potential uppskattas på grundval av konsumtionsmönstret under det året. Ett exempel är att fler privata hushåll kommer få batterier installerade under de kommande åren, vilket troligtvis kommer att förändra normkonsumtionsmönstret (baseline) för dessa hushåll. Å andra sidan elektrifieras samhället allt mer och tekniken inom branschen för flexibilitets tjänster utvecklas. Baseline 2030 kommer reflektera båda typerna av förändringar; minskning i normal topplast på grund av mer flexibilitet (fler hushåll kommer reducera uttag från nätet under timmar med relativt hög förbrukning, oavsett effektsituation), och ökning i normal topplast grundad i normal tillväxt. Därför uppskattas flexibilitetspotentialen för 2030 utifrån det nya normkonsumtionsmönstret för 2030.

2.1 Efterfrågeflexibilitet

De sektorer som har analyserats är hushåll, service, industri, transport och energilagring. Inom hushåll/service är det främst ventilations- respektive uppvärmningssystem som kommer att erbjuda flexibilitet. Med service menar vi de lokalbyggnader som inkluderas enligt Energimyndighetens klassificering, t.ex. hotell, restaurang-, kontors-, vård- och skolbyggnader. Inom industrisektorn är det både överkapacitet i processen och lagring som är förutsättningen för att anläggningen ska kunna flytta sin elförbrukning, och tekniska möjligheter att stänga en del av processen utan alltför stora konsekvenser. Inom transportsektorn har vi analyserat personbilar som på ett flexibelt sätt kan ladda sina batterier och även kan ladda ur effekt utifrån det behov som finns i elnätet. Inom energilagring har vi antagit att alla batterilager potentiellt kan bidra till flexibilitetspotentialen.

2.1.1 Uppvärmning av hushåll

Flexibilitet från uppvärmning i hushållen kommer främst från värmesystemet i villor. Uppvärmning och varmvatten i villor står för en stor mängd elförbrukning inom hushållssektorn. Total elanvändning för uppvärmning och varmvatten i småhus är cirka 14,6 TWh år 2020 vilket är 43% av den totala elanvändningen för småhus och 20% av den totala elanvändningen för bostads- och servicesektorn. Flerbostadshus och servicesektorn använder ofta fjärrvärme.

Flyttbar potential från uppvärmningssystem beräknas utifrån hur mycket el uppvärmningssystemet totalt förbrukar under en timme. Vi förutsätter att all värmebelastning är flyttbar inom de begränsningar som beskrivs av uthållighet och återhämtningstid.

Uppskattningarna utgår från att identifiera olika typer av uppvärmningssystem som används i svenska småhus (Energimyndigheten, 2021). Vi kategoriserar uppvärmningsmetoderna i tre kategorier: värmepumpar, direktverkande elektrisk uppvärmning och vattenburna system. Baserat på den typiska installerade kapaciteten och antalet uppvärmningssystem beräknas den totala mängden installerad kapacitet som används för rum- och vattenuppvärmning, vilket visas i Tabell 1. Traditionella värmepumpar har bara två driftlägen: start och stopp, medan nya värmepumpar kan variera mellan lägsta och högsta effekt (Energimyndigheten, 2023). Därför antar vi 60% utnyttjandegrad av uppvärmningssystemet för att få en realistisk energiförbrukning per timme (som en slags basbelastning/kapacitet) i hela systemet.

Tabell 1: Uppvärmningsmetod inom hushåll.

Uppvärmningsmetod	Installerad effekt (kW)	Antal småhus (1000-tal)	Samtliga installerad effekt (MW)
Värmepumpar	8	1 230	9 839
Direktverkande el	6	261	1 566
El. vattenburna	12	350	4 200

De flesta uppvärmningssystem värmer upp luft och vatten. För ett genomsnittligt småhus, med tanke på olika uppvärmningssystem, är den totala elförbrukningen för luftuppvärmning från 6 907 kWh/år till 11 217 kWh/år, medan den totala elförbrukningen på konsumtionsvatten varierar från 1 850 kWh/år till 3 046 kWh/år (Zimmermann, 2009). Därför antar vi att i genomsnitt 75% av elen används för att värma upp luft och 25% för att värma upp vatten. Flyttbar potential från rumsuppvärmning beräknas till 7 022 MW = (9 839 + 1 566 + 4 200) * 60% * 75%. Denna potential är lägre under mitten av dagen när utomhustemperaturen är högre. Eftersom topplasttimmarna normalt inte kommer inträffa under mitten av dagen är potentialen under denna tid mindre relevant. Således är denna potential för timmarna från kl. 15 till nästa dag kl. 11. Flexibilitetspotentialen för vintern 2023/24 under möjliga topplasttimmar, d.v.s., under vardagseftermiddagen, inom hushållssektorn redovisas i Tabell 2.

Tabell 2: Flexibilitetspotentialen - uppvärmning inom hushållssektorn.

Typ av last	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet (h)	Återhämtning (h)	Reduktionspotential (MW)
Uppvärmning - luft	7022	1	2	736
Uppvärmning – vatten	117	12	12	26

Reduktionspotentialen baseras på att förbrukningen för rumsuppvärmning kan minska med 10% utan att konsumenten förlora för mycket komfort (702 MW = 7 022 * 10%). Detta antagande bygger på att hushållen har minskat konsumtionen med 14% under januari-september 2022 jämfört med samma period 2021 (Power Circle, 2022). Notera att reduktionen om 14% har observerats under ett år med mycket höga priser och därmed mycket högt värde på elektricitet (eller motsvarande stor brist på elektricitet). DNV har tolkat frågan i den här studien som att fokus ska ligga mer på topplasttimmar där behov av flexibilitet tycks vara störst. Konsumenter som står inför höga energipriser under hela vintern (energibrist) kommer sannolikt vidta andra åtgärder än de som 'bara' står inför höga priser under korta perioder. De åtgärderna som antas vid energibrist har givetvis också betydelse för en effektbrist, men utan sådana 'energiåtgärder' kommer troligen inte en reduktion i förbrukningen kunna bli lika stor som vi beskriver för en situation med effektbrist. Vi antar att 10% reduktion från förbrukning i hushållssektor är rimligt med tanke på att vi fokuserar på effektbrist i den här rapporten. Hushåll som har alternativa värmekällor, till exempel eldstäder, kan ge större reduktionspotential. Enligt statistiken finns det cirka 9 000 hus som har vattenburen uppvärmning och trivseledning (Energimyndigheten, 2021). Vi antar att de hus som har alternativa värmekällor kan stänga av uppvärmningssystemet helt under en kort tid. Det vill säga 44 MW extra flexibilitet från dessa hus. Den totala reduktionspotentialen blir 746 MW (= 702 + 44).

Flexibilitetspotentialen från vattenuppvärmning i husen betraktas separat. Den energi som används för vattenuppvärmning antas vara 25% av hela elförbrukningen från vattenbaserade system (till exempel luft-luftvärmepumpar exkluderas i den här beräkningen). Det antas att den totala förbrukningen är helt flyttbar i tid, men reduktionspotentialen kommer att sänka vattentemperaturen eller minska mängden använt varmvatten, och möjligheten

att använda alternativa bränslen för att värma upp vattnet. Det finns ofta en tank för varmvatten, varför den del av värmepumparna som är för varmvatten inte behöver jobba hela tiden. Uppvärmningssystemets utnyttjandegrad för varmvatten antas vara cirka 5%. Flyttbar potential från vattenuppvärmning blir 117 MW = (9 839 + 1 566 + 4200) * 60% * 25% * 5%. Reduktionspotentialen beräknas på samma sätt som för luftuppvärmning.

2.1.2 Apparater i hushållen

Potentialen från kylning och apparater för tvätt/disk (kylskåp, tvätt- och diskmaskin) uppskattas utifrån den genomsnittliga årliga energiförbrukningen för dessa enheter i småhus och lägenheter. Genom att anta körtimmarna och överväga månadsfaktor och säsongsfaktor baserat på uppmätt förbrukningsprofil (Zimmermann, 2009) uppskattas den totala energiförbrukningen per timme från dessa enheter. Vi använder samma antagande för att uppskatta förbrukningsprofil som i föregående rapport (DNV, 2021). Denna effekt anses vara flyttbar i tid, medan total förbrukning inte kan minskas eftersom vi antar att mängden disk och/eller tvätt inte kommer minska och kylningskvaliteten inte ska försämrans. Den totala flyttbara effekten från olika apparater i hushållen blir 564 MW (= 253 + 312).

Tabell 3: Årsförbrukning från apparater inom hushåll

Typ av bostäder	Genomsnittlig årsförbrukning för kylning per hushåll (kWh/år)	Genomsnittlig årsförbrukning för tvätt per hushåll (kWh/år)	Antal bostäder (1000-tal)	Årsförbrukning från apparater (GWh)
Småhus	460	454	2 039	1 864
Lägenhet	460	472	2 463	2 295

Tabell 4: Flexibilitetspotentialen - apparater inom hushållssektorn

Typ av last	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet (h)	Återhämtning (h)	Reduktionspotential (MW)
Kylskåp, tvätt- och diskmaskin i småhus	253	1	2	-
Kylskåp, tvätt- och diskmaskin i lägenheter	312	1	2	-

2.1.3 Belysning i hushållen

Potentialen från belysning i hushållen uppskattas utifrån den genomsnittliga energiförbrukningen per timme för belysning under kvällstid för genomsnittliga lägenheter och småhus (Zimmermann, 2009), och det totala antalet lägenheter och småhus. Vi antar att belysningen kan minskas 10%, lite mindre än den totala genomsnittsminskningen på 14% inom hushåll under januari-september 2022. Detta följer samma resonemang som presenteras i 2.1.1. Total reduktionspotential från belysning i hushållen är 83 MW (= 41 + 42).

Tabell 5: Årsförbrukning från belysning inom hushåll

Typ av bostäder	Genomsnittlig timmesförbrukning mellan kl.17-23 (Wh/h)	Antal bostäder (1 000-tal)
Småhus	200	2 039
Lägenhet	170	2 463

Tabell 6: Flexibilitetspotentialen - belysning inom hushållssektorn

Typ av last	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet(h)	Återhämtning(h)	Reduktionspotential (MW)
Belysning i småhus	-	-	-	41
Belysning i lägenheter	-	-	-	42

I den följande tabellen presenteras flexibilitetspotential inom hushåll.

Tabell 7: Teknisk potential för flexibilitet inom hushåll

Typ av last	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet (h)	Återhämtning (h)	Reduktionspotential (MW)
Uppvärmning - luft	7 022	1	2	746
Uppvärmning - vatten	117	12	12	26

Apparater	565	1	2	-
Belysning	-	-	-	83
Summa	7 704	-	-	855

2.1.4 Service – ventilation och uppvärmning

Utifrån den årliga elförbrukningen i tjänstesektorn för rumsuppvärmning och vattenuppvärmning från den svenska energistatistiken (Energimyndigheten, 2021), och med antagandet gällande en allmän förbrukningsprofil från tjänstesektorn med hänsyn till vardagar/helger, arbetstider/icke-arbetstider och tid på dygnet (Skytte, et al., 2019), drar vi av den timvisa energiförbrukningen för uppvärmning inom servicesektorn. Timmarna med hög efterfrågan är mellan kl. 7 – 19. Efterfrågan för ventilation och varmvattenberedare är ungefär fyra gånger högre under timmarna med hög efterfrågan än timmarna med låg efterfrågan. Förbrukningsprofilen för ventilationsutrustning och varmvattenberedare skiljer sig även åt mellan vardag och helg. Förbrukningen på helgen minskar med 46% under de timmarna med hög efterfrågan. Ventilation beräknas med samma metod, men den årliga elförbrukningen från ventilation antas vara 12% av den årliga driftelen (Skytte, et al., 2019). Potentialen från tjänstesektorn är främst flyttbar. Reduktionspotentialen antas vara 5% av den flyttbara potentialen. Detta antagande baseras på att den totala konsumtionen i Sverige har minskat med 5% under januari-september under 2022 jämfört med samma period 2021 (Power Circle, 2022). Resultaten visas i Tabell 9.

2.1.5 Service – kyl/frys

Potentialen från apparater för kylning av varor beräknas av årlig förbrukning och en årlig förbrukningsprofil. Den årliga elförbrukningen som går till apparaterna antas vara 6% av den årliga driftelen (Skytte, et al., 2019). Driftel för servicesektorn uppgick till 9,58 TWh år 2021, och därför blir årsförbrukning för kylning 575 GWh. Timmarna med hög efterfrågan är kl. 7 - 19. Efterfrågan på kylning under timmar med hög efterfrågan är ungefär 1,4 gånger högre än under timmar med låg efterfrågan. Potentialen anses endast komma ifrån flyttbar last eftersom minskning kan leda till att kvaliteten på den tjänst som resursen tillhandahåller försämras.

2.1.6 Service – belysning

Utifrån den årliga elförbrukningen i tjänstesektorn för belysning från den svenska energistatistiken, och förutsatt samma allmänna förbrukningsprofil som ventilation i tjänstesektorn, kan vi dra av förbrukningen per timme för belysning. Genom att anta en minskning på 5% av belysningen (samma resonemang som för ventilationsuppskattningen) uppskattar vi den totala reduktionspotentialen.

I de följande tabellerna presenteras årsförbrukning och flexibilitetspotential inom servicesektor.

Tabell 8: Årsförbrukning från servicesektor

Uppvärmning från el (GWh)	Ventilation (GWh)	Kylning (GWh)	Belysning (GWh)
3351	1 150	575	4 500

Tabell 9: Teknisk potential för flexibilitet från servicesektor under dagtid

Typ av last	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet (h)	Återhämtning (h)	Reduktionspotential (MW)
Uppvärmning och ventilation	960	1	2	48
Kylning	75	1	2	-
Belysning	-	-	-	61
Summa	1 035	-	-	109

2.1.7 Industri – massa- och pappersindustri

Raffineringsprocessen för massatillverkning inom pappersindustrin är den primära flexibilitetspotentialen (Paulus & Borggreffe, 2011). Utnyttjandenivån av processen är cirka 80% i Sverige (Nilsson, 2014). Det är möjligt att stänga processen helt. Hur länge industrin kan minska raffineringsprocessens förbrukning beror på kapacitet för massalagringen (Paulus & Borggreffe, 2011). Raffinaderierna kan aktiveras helt eller stängas inom några minuter. Den enda begränsningen är att de inte bör rampas upp och sedan stängas av igen direkt för att undvika överdrivet slitage på komponenterna. För att undvika ekonomiska förluster för branschen bör den fulla positiva flexibiliteten endast vara

tillgänglig igen efter det att lagren återigen har fyllts upp. En annan liknande analys tyder på att trämassaproduktionen kan vara flexibel i tre timmar och att den behöver 24 timmar för att återhämta sig (Gils, 2014). Det finns totalt åtta pappersfabriker med mekaniskt integrerad massaproduktion enligt Svenska Skogsindustriförbundet (Forestindustries, n.d.). Total installerad kapacitet av de mekaniska raffinaderierna är ca. 1 030 MW enligt mejlkonversation med olika pappersfabriker. Det finns även en trend att vissa pappersfabriker byter ut den mekaniska processen mot en kemisk. Det betyder att flexibilitetspotential från pappersindustri kommer att minska. Vi antar att effekten för raffinaderierna är helt flyttbar och kan reduceras helt under topplasttimmen. Därför blir flyttbar potential och reduktionspotential från massa- och pappersindustri 1 030 MW.

2.1.8 Industri – stål

Ett energiintensivt sätt att framställa stål är genom att smälta skrotstål i en elektrisk ljusbågsugn. I denna process genereras värme av en ljusbåge eller induktion, som startar smältning av metallskrot i ugnen. Även om denna process kan pausas snabbt, kommer metallskrotet då svalna och den totala smältprocessen kommer då behöva startas om ifall pausen överstiger 30 minuter (Paulus & Borggreffe, 2011). I samma studie visas att stålindustrier inte kan öka sin förbrukning på grund av en redan hög utnyttjandegrad. Annan svensk forskning tyder på att stålindustrin kan minska förbrukningen med ungefär 60% och att det finns cirka 10% överkapacitet inom stålindustrin (Alterbeck, 2014). Ytterligare en studie visar att stålindustrin kan flytta effekt om det är välplanerat och reduktionspotentialen inte överskrider tre timmar (Esmailnadjad & Sundquist, 2014). I denna analys antas att bara reduktionspotential är möjligt för stålindustrin då det kan vara svårt att koordinera stålproduktion med nätkapacitetsbrist eller effektbrist och begränsning av en uthållighet på två timmar. Den totala installerade kapaciteten inom stålindustrin är ca 280 MW och reduktionspotential från stålindustri är ca. 180 MW enligt undersökning i (Alterbeck, 2014).

2.1.9 Industri – aluminium elektrolys

Aluminiumelektrolys omvandlar aluminiumoxid till aluminium och syre genom en elektrolytisk process. Effektkraven för att aktivera elektrolysen och föra processen upp till rätt temperatur är betydande. Utnyttjandegraderna varierar mellan cirka 95 och 98% på årsbasis på grund av processens kapitalintensitet (Paulus & Borggreffe, 2011). Således faller aluminiumelektrolys i kategorin där minskning av förbrukning inte kan ersättas vid senare tillfälle. Därför anges endast resursens möjliga reduktionspotential och ingen återhämtningstid. Enligt företrädare för industrin kan elektrolysens effektbehov minska med upp till 25% i fyra timmar innan processen riskerar att stanna upp. Även annan forskning bekräftar att aluminiumindustrin kan minska förbrukningen med 25% under fyra timmar vid maximalt 40 tillfällen per år (Gils, 2014). I Sverige producerar Kubal i Sundsvall primäraluminium, ca 130 000 ton/år. Årlig elförbrukning är cirka 1,83 TWh. Vi antar att produktionen körs 80% av tiden (95%-98% utnyttjandegrad i den huvudprocessen med hänsyn till underhållsstopp). Därför uppskattas den installerade kapaciteten till 260 MW. Den tekniska potentialen från aluminiumelektrolysen blir 65 MW i kombination med antagandet att förbrukningen kan minska med 25%.

2.1.10 Industri – kemi

En av de mest energiintensiva processerna i den kemiska industrin är kloralkaliprocessen. Det är en viktig metod för att framställa klorid som används vid framställning av plast. Processtakten kan minska omedelbart vilket gör att den passar att leverera flexibilitet (Mökander, 2014). Utnyttjandegraden i denna process varierar vanligtvis mellan 80 och 90% för att säkerställa maximal avkastning av kapital (Paulus & Borggreffe, 2011). Belastningen av kloralkaliprocessen kan minska med upp till 40% under upp till två timmar (Paulus & Borggreffe, 2011). Oljeproduktion kan också minska sin produktionstakt. Enligt en intervju med en representant för ett raffinaderi i Lysekil, skulle det vara möjligt att minska elförbrukningen till hälften (Alterbeck, 2014). INEOS har en klorfabrik med ett maximalt effektbehov på 60 MW som kan växla mellan 50 och 100% i produktionskapacitet utan tekniska eller ekonomiska komplikationer (Mökander, 2014). Ett annat exempel på väldigt energiintensiva anläggningar inom den kemiska sektorn är oljeraffinaderier. Preems raffinaderi i Lysekil förädlar 11 miljarder ton råolja per år. Den förbrukar cirka 0,4 TWh el per år med en relativt stabil belastningsprofil och ett genomsnittligt effektbehov på 45 MW (Mökander, 2014). Total reduktionspotential från kemiindustri är ca. 60 MW (Mökander, 2014).

2.1.11 Industri – cement

Cementkvarnar krossar cementklinker som produceras i uppströmsprocesser och blandar detta med andra ingredienser som hårdgips. Det är en energikrävande process. Utnyttjandegraden är hög, runt 80% (Paulus & Borggreffe, 2011). Cementkvarnar kan regleras på ett flexibelt sätt och inom några minuter (Nilsson, 2014). Lagringskapaciteten och beroendet av leveranskedjorna begränsar dock den flexibilitet som processen kan ge. Därför anses förbrukningen kunna minskas men inte flyttas. Antalet industrier av denna typ är begränsad och endast två cementfabriker finns etablerade i Sverige (Anon., 2020). Den genomsnittliga flexibilitetspotentialen som tekniskt finns inom cementindustrin är cirka 34 MW (Gils, 2014).

2.1.12 Industri – datacenter

Datacenter är en av de industrier som förutspås öka kraftigt i Sverige. Möjligheten att flytta last för datacenter ser olika ut beroende på verksamheten och på vilken beräkningsteknik de använder. För de anläggningar som inte har tidkritiska beräkningar kan en stor andel av beräkningslasten flyttas, cirka 50–90%. Det är osäkert vilka typer av datacenter som kommer att finnas i Sverige. Därför är flexibilitetspotentialen i denna utredning baserad på stödsystem, d.v.s. ventilation och kyla. Enligt intervjuer med experter från Sympower uppskattas 10% av lasten från datacenter komma från stödsystem. Datacenter använder ca. 1,5 TWh el år 2022 och förväntas öka till 2 TWh år 2023 (Svenska kraftnät, 2021). Vi antar att datacenter använder el ganska jämnt under året och att 10% reduktionspotential eller effektflyttning är möjligt. Med dessa antagande blir det 23 MW effekt som är flexibel att flytta eller minska från datacenter.

I den följande tabellen presenteras flexibilitetspotential inom industrisektor.

Tabell 10: Flexibilitetspotential från industrisektor

Industrisektor	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet (h)	Återhämtning (h)	Reduktionspotential (MW)
Massa- och pappersindustri	1 030	1,5	24	1 030
Stålverk	-	2	-	180
Aluminium	-	4	-	65
Kemi	-	2	-	60
Cement	-	2	-	34
Datacenter	23	1	-	23
Summa	1 030	-	-	1 392

Utöver den flexibilitet som förklaras i avsnitt 2.1.7-2.1.12 noterar vi att särskilt tillverkningsindustrier under rätt omständigheter kan minska eller till och med stoppa konsumtionen tillfälligt. Uthålligheten kommer i slutändan att bero på bland annat deras förmåga att möta kundernas krav om produktionen saktar ner, marknadspriserna på tillverkade produkter kontra elpriserna och möjliga ersättningar för flexibilitet. Hur lång tid i förväg sådana förändringar måste beslutas beror bland annat på de tekniska egenskaperna hos tillverkningsprocesserna, de kommersiella avtalen för energi och för de tillverkade produkterna.

2.1.13 Transport

I grunden finns det två typer av elfordon; 100% eldrivna med batteri, och batteri-hybriddrivna med både batteri och annan energikälla (till exempel förbränningsmotor eller bränslecell). Den senare varianten har normalt sett batterier med relativt liten kapacitet, och en del saknar även möjlighet för laddning av batterierna från elnätet. Dessutom förutsätts det att hybrider kommer minska i popularitet i takt med att batterielektriska bilar blir bättre och billigare. Samtidigt har redan en del biltillverkare, bland annat Mercedes och Volvo, gått ut med att de planerar att endast erbjuda batterielektriska fordon på sikt (Forbes, 2021). Det är troligt att fler kommer ta liknande beslut under de kommande åren. Av dessa anledningar kommer i denna rapport endast flexibilitet från batterielektriska fordon (Battery Electric Vehicle, BEV) studeras, vilka kan vara flexibla i både laddning och urladdning.

Elbilar kan ses som mobila batterier och kan som tidigare nämnts vara flexibla i både laddning (Grid to Vehicle, G2V) och urladdning (Vehicle to Grid, V2G). Laddningen kan schemaläggas både efter tid och laddningskostnad, vilket

inkluderar både kostnaden för el och nedbrytning av battericellerna. Flexibilitetspotentialen är för transportsektorn relativt liten för varje individuellt fordon, men är däremot flexibel både gällande plats och tid.

De flesta laddare är installerade i hemmet för privat bruk och elbilen laddas via ett enfasigt eluttag med en laddeffekt på 3,7 kW (dvs. 16 A AC enfas). Det finns även laddare med både lägre och högre laddeffekt inom intervallet 1,7-7,4 kW. För hem med trefasuttag är det även möjligt att ladda med 22 kW (dvs. 32 A trefas AC) om laddaren och elbilen stödjer det, även om effekter på 11 och 43 kW också är möjligt. Laddare med en effekt på 22 kW är den vanligaste bland offentliga laddare, och står för ungefär hälften av laddarna i Sverige. Slutligen finns det även möjligheter att ladda med högre effekter via DC, normalt inom ett intervall på 50-150 kW (Elbilsstatistik, 2023).

Flexibilitetspotentialen för transportsektorn handlar om flyttad last, men kan delas in i de två funktionerna, G2V och V2G.

2.1.13.1 G2V

Flexibiliteten från elbilsladdning begränsas från ett tekniskt perspektiv av laddnivå i batteriet, geografisk plats och användarnas beteende. Ett elfordon kan bidra med flexibilitet till nätet genom att laddningen flyttas från höglasttimmar till tidpunkter med mindre last, till exempel under natten. Dock bör en miniminivå till vilken ett batteri kan laddas ut sättas för att skydda batteriet samt som buffert ifall en oplanerad resa behöver göras. Därför är de bilar som har mycket låg batterinivå inte lämpliga att skjuta upp laddningen för. Maxeffekten som kan flyttas begränsas av det totala laddningssystemets kapacitet, enligt vad som beskrivits ovan. Sammanräknat blir det svårt att för ett stort antal fordon uppskatta den totala förmågan att leverera flexibilitet. Detta grundas i dels den stora osäkerheten kring antalet fordon som laddas vid de specifika höglasttimmarna, men även batterinivå under dessa timmar samt förarnas individuella preferenser gällande krav på buffert i batterierna.

Den beräknade flexibiliteten från G2V-funktionen har antagits utifrån Sveriges totala elbilsflottas möjligheter. Ett antagande som har gjorts är att elbilarnas laddningsschema tagit hänsyn till det individuella elfordonets batterinivå och laddningsbegränsningar. Ett slutligt antagande är att 50% av alla elfordon som laddas under samma timmar antas kunna flytta sin laddning till senare tillfället.

2.1.13.2 V2G

För flexibilitet från V2G-funktionen begränsas effekten som elfordonet kan ge till nätet av laddningarna och laddarens kapacitet, tillsammans med laddnivån i batteriet som avgör hur länge effekt kan ges. Teoretiskt sett kan ett laddningsbart fordon ge energi till elnätet om det är anslutet, förutsatt att det har tillräckligt med extra energi i batteriet utöver det som krävs för ägarens nästa resa eller har tillräckligt lång tid för att ladda upp batteriet igen innan nästa resa. Det är dock en funktion som få bilar i Sverige stödjer idag, och det samma gäller laddare, vilket både beror på att funktionen inte är implementerad i mer än några få specifika modeller och att standarder och lagar inte är på plats än. Uppskattningen för potentialen för V2G kommer därför i första hand baseras på antalet elbilar som teoretiskt kan stödja funktionen, med ett resonemang kring laddarna som skalning.

2.1.13.3 Potentialuppskattning

Potentialen för flexibilitet för transportsektorn baseras i grunden på prognoser för antalet elfordon i den svenska fordonsflottan. Ett par olika källor valdes utifrån hur relevanta de var för de specifikt eftersökta åren, vilka presenteras i Tabell 11 nedan. Notera att en cell utan siffra betyder att källan inte har data eller prognos för det specifika året.

Tabell 11: Prognoser för antal elfordon i Sverige fram till år 2030.

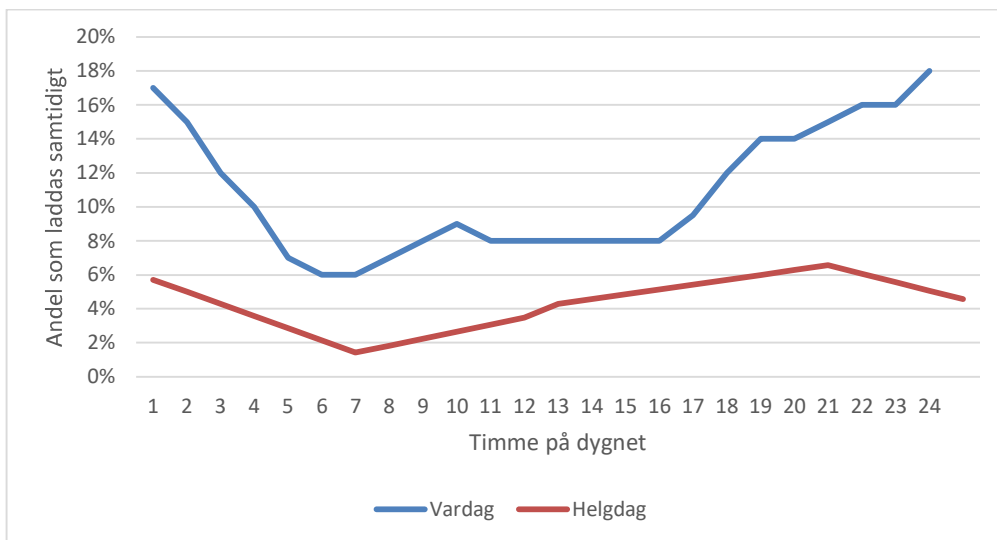
År	(alltomelbil, 2022)	(Stockholms Handelskammare, 2020)		
	Antal fordon (BEV)	Antal laddbara fordon (BEV+PHEV) – Scenario Låg	Antal laddbara fordon (BEV+PHEV) – Scenario Mellan	Antal laddbara fordon (BEV+PHEV) – Scenario Hög
2015		14 545	14 545	14 545
2016	-	26 376	26 376	26 376
2017	-	43 287	43 287	43 287
2018	-	66 058	66 058	66 058

2019	-	96 952	96 952	96 952
2020	-	140 426	157 254	165 979
2021	110 177	192 454	251 740	276 479
2022	200 777	254 721	390 771	442 596
2023	326 722	329 197	579 375	672 821
2024	486 330	418 369	814 144	965 614
2025	664 305	524 933	1 084 745	1 310 381
2026	-	651 791	1 378 915	1 693 173
2027	-	803 151	1 687 189	2 102 904
2028	-	982 030	2 001 245	2 528 893
2029	-	1 194 268	2 317 180	2 966 220
2030	-	1 446 764	2 632 674	3 411 850

Viktigt att notera är att prognosen från Stockholms Handelskammare gäller laddbara fordon, vilket betyder både batterielektriska fordon och laddhybrider. Eftersom en laddhybrid har ett relativt litet batteri antagits dessa inte kunna bidra med flexibilitet, varför de behöver exkluderas från prognosen. Baserat på historiska data är det möjligt att uppskatta andelen batterielektriska fordon av totala antalet elfordon och på så vis skala ner prognosen. Dock skulle detta introducera en extra osäkerhet i uppskattningen, varför denna rapport kommer använda prognosen från alltombil då denna gäller för specifikt BEV.

Vidare kommer i denna rapport endast batterielektriska personbilar antas bidra med flexibilitet, och inte andra batterielektriska fordon, såsom lastbilar och bussar. Detta antagande är gjort på grund av en kombination av brist på bra källor till data för andra typer av elfordon, en annan användnings- och laddprofil (lastbilar och bussar är inte nödvändigtvis parkerade under höglasttimmarna i samma utsträckning som personbilar), samt att för de närmsta vintrarna antalet av dessa fordon idag är så pass lågt att de inte uppskattas ha ett signifikant bidrag till flexibilitetspotentialen, även om de kan bidra med flytt av laddning (G2V) i de fall de står parkerade under höglasttimmarna.

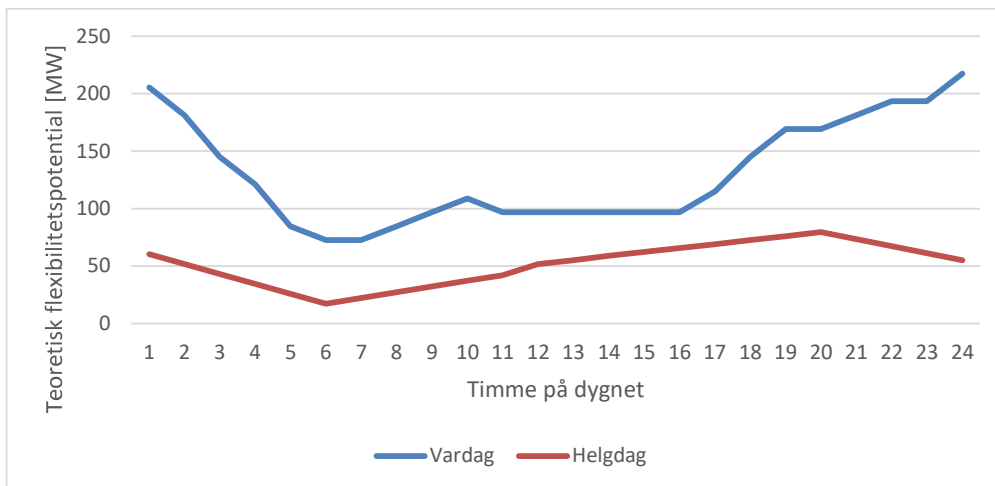
För G2V behöver även andelen BEV som kan antas ladda samtidigt under en vardag respektive en helgdag inkluderas för att få fram flexibilitetspotentialen vid olika timmar på dygnet. I denna rapport används en studie från Storbritannien (Marinelli, et al., 2020) med andelsprofilerna enligt Figur 1 nedan.



Figur 1: Profilkurvor för andelen BEV som laddas samtidigt under en var- respektive helgdag.

Slutligen behöver laddeffekten inkluderas då denna sätter gränsen för hur mycket effekt som kan flyttas. Enligt tidigare argumentation kommer 3,7 kW användas som ett snitt då denna effekt anses vara den vanligaste både idag och under ett flertal år in i framtiden.

Med all indata på plats kan en uppskattning av den tekniska maximala flexibilitetspotentialen för G2V för vintern 2023/24 beräknas, vilken presenteras i Figur 2 nedan. Viktigt att notera är att all potential inte alltid är tillgänglig eller realiserbar, vilket kommer beskrivas senare i rapporten där den troliga realiserbara flyttbara effekten beräknas och presenteras.



Figur 2: Teknisk maximal flexibilitetspotential under ett dygn under vintern 2023/24 för var- respektive helgdag.

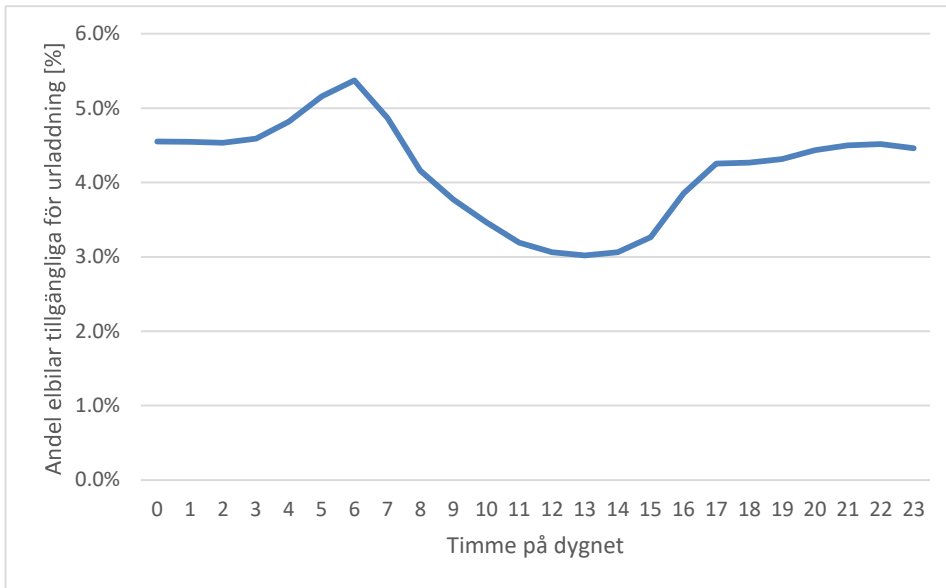
Från figuren ovan går det att utläsa att under höglasttimmarna är den maximala tekniska flexibilitetspotentialen 169 MW för en vardag och 79 MW för en helg.

Då bara en delmängd av alla BEV teoretiskt stödjer V2G funktionen idag, är det första steget för att uppskatta flexibilitetspotentialen att uppskatta andelen fordon med rätt tekniska förutsättning. I dagsläget innebär det att fordonet måste ha ett ladduttag av typen CHAdeMO. Antalet fordon med en viss kontakttyp för första kvartalet 2023 presenteras i Tabell 12 nedan.

Tabell 12: Antal och andel fordon med de olika ladduttagen för Q1 2023 (Elbilsstatistik, 2023).

Kontakttyp	Antal	Andel (%)
Typ 1	26 304	5,85
Typ 2	291 349	64,75
CCS	100 150	22,26
CHAdeMO	24 428	5,43
Tesla SC	7 717	1,72
Total	449 948	-

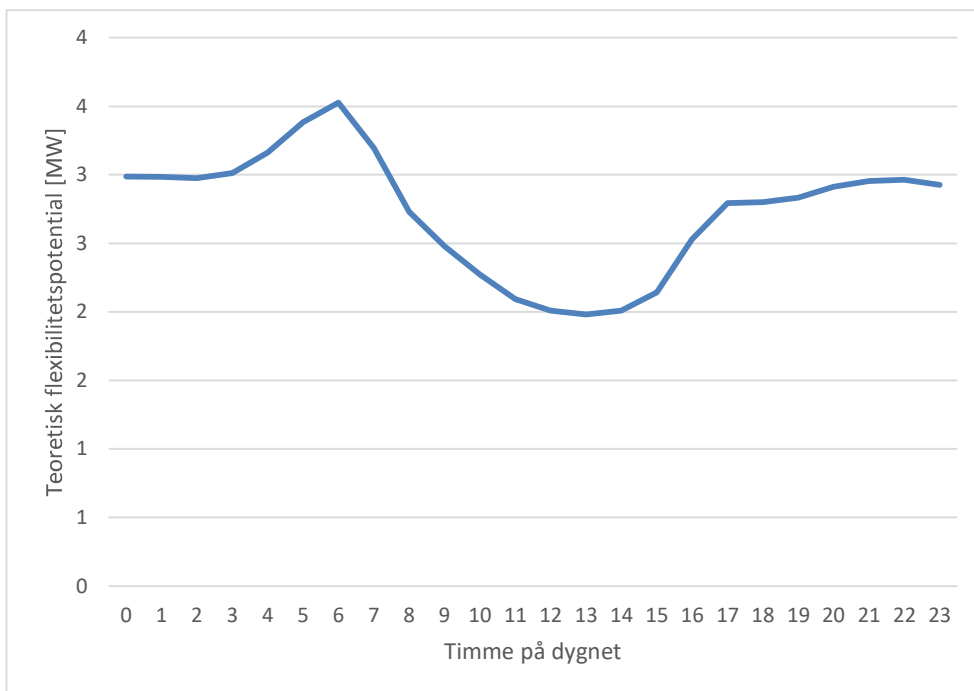
Utöver andelen fordon med rätt kontakttyp behövs även data om andelen fordon som under samma timme är tillgängliga för att laddas ur mot nätet, det vill säga är kopplad till laddaren men inte behöver laddas vid angiven timme. Den antagna profilen för detta presenteras i Figur 3 nedan (Taljegard, et al., 2019).



Figur 3: Andel elfordon tillgängliga för urladdning under ett dygn.

Denna profil kan sedan kombineras med andelen elfordon med rätt kontakttyp för att ge profilen för andelen fordon med rätt kontakttyp, är parkerade och inkopplade till en laddare samt inte behöver laddas och är tillgänglig för urladdning till nätet. Slutligen kan denna profil kombineras med det totala antalet elfordon och laddningseffekten för att ta fram den tekniska maximala flexibilitetspotentialen för V2G för vintern 2023/24. För denna rapport antas att urladdning kan ske med samma effekt som antagits för G2V, det vill säga 3,7 kW.

Den resulterande profilen med den tekniska maximala flexibilitetspotential för V2G funktionen för vintern 2023/24 presenteras i Figur 4 nedan. Precis som tidigare ska det noteras att all potential inte alltid är tillgänglig eller kan realiserars, vilket kommer beskrivas senare i rapporten där den troliga realiserbara flyttbara effekten tas fram och presenteras.



Figur 4: Teknisk maximal flexibilitetspotential för V2G funktionen för vintern 2023/24.

2.2 Energilagring

Fokus gällande energilager kommer i denna rapport ligga på batterier, både separata storskaliga batterilager och småskaliga i privata hus kopplade till egna solceller, och pumpkraftverk. Andra energilager utesluts främst för att ingen eller betydande mängd antas kommer finnas på plats inom den tidsram som gäller för denna rapport, eller för att lagringsmediet inte primärt kommer användas för elproduktion, utan andra processer, vilket är fallet för till exempel vätgas.

2.2.1 Batterier

För uppskattning av flexibilitetspotentialen för batterier har en uppdelning gjorts mellan storskaliga batterianläggningar och småskaliga batterier kopplade till privata solcellsinstallationer på egna bostäder. En tredje grupp som har uteslutits på grund av otillräcklig information är batterilager inom industri och företag.

Gällande storskaliga batterianläggningar är det svårt att med säkerhet få med alla, men en uppskattning av läget idag och kända kommande lager presenteras i Tabell 13 nedan.

Tabell 13: Kända existerande och kommande batterilager i Sverige i december 2022 (**Energimarknadsinspektionen, 2023**).

Batterilager	Effekt [MW]	Kapacitet [MWh]	Status
Fortum vid vattenkraftverket i Forshuvud	5	6,2	I drift
Boo energi i Saltsjö Boo	2	2,2	I drift
Vattenfall Uppsala BESS	5	20	I drift
Primrock batterienergilagring i Falkenberg	5,4	-	I drift
Alight och Tekniska verken i Linköping	2	2	I drift
Jämtkraft vid vattenkraftverket i Granbo	1	-	I drift

Uniper vid vattenkraftsverket i Edsele	6	-	I drift
Uniper vid vattenkraftsverket i Lövön	9	-	I drift
Uniper vid vattenkraftsverket i Bodum	6	-	I drift
Uniper vid vattenkraftsverket i Fjällsjö	6	-	I drift
Ellevio batterilager	10	11,9	I drift våren 2023
Landskrona Energi, Renewable Energy Systems (RES) och Scandinavian Capacity Reserve (SCR) i Landskrona	20	-	Planerad för sommaren 2023
Varberg Energi (i Varberg kommun)	10	20	Planerad för 2023
Neoen batterienergilagrar vid vindkraftsanläggning i Fullsjön, Ragunda kommun	40	40	Planerad för 2023
E.ON batterienergilagrar	43,5	43,5	Planerad för 2023
Varberg Energi (i Varbergkommun?)	5	10	Planerad för 2023
OX2 batterienergilagrar i Bredhälla, Småland	40	-	Planerad för våren 2024
Ingrid Capacity	70	70	Planerad för Q1/Q2 2024
Ellevio batterienergilagrar i västra Sverige (obeslutad plats)	40	-	Planerad för drift under 2024
Ellevio batterienergilagrar i Kungsbacka	15	15,7	Planerad för drift under 2024
Ellevio batterienergilagrar i Linome	15	15,7	Planerad för drift under 2024
Borlänge energi	10	10	Planerad för höst/vinter 2024
Alight och Varberg Energi i SE3 och SE4	25	-	Planerad för 2025

Från tabellen kan utläsas att det under slutet av 2023 kommer finnas en installerad effekt på 176 MW, och att ytterligare 190 MW kommer installeras inför vintern 2024/25. Det går även att utläsa att den totala energikapaciteten är 284 respektive 524 MWh för 2023 och 2024, samt att den genomsnittliga energimängden i dessa batterier är 1,43 MWh per installerad MW i slutet av 2024. Viktigt att notera är att energikapaciteterna för de batterier som saknar angiven kapacitet uppskattas från de kända snittkapaciteterna för respektive år (1,614 MW/MWh för 2023 och 1,433 MW/MWh för 2024).

Gällande småskaliga batterier kopplade till privata solcellsinstallationer på egna bostäder är första steget att uppskatta antalet egenägda solcellsanläggningar på privata bostäder, och därefter hur stor andel av dessa som även har ett batterilager. Från Svenska kraftnäts prognos kan utläsas fyra olika scenarier som påverkar mängden solceller, och dessa presenteras i Tabell 14 nedan.

Tabell 14: Prognos för installerad effekt från solceller i Sverige (Svenska kraftnät, 2021).

År	Småskaligt Förnybart [MW]	Färdplaner mixat [MW]	Elektrifiering planerbart [MW]	Elektrifiering förnybart [MW]
2020	840	840	840	840
2025	3 270	3 270	3 270	3 270
2030	5 410	5 410	6 310	7 650

För att få fram en uppskattning av installerad effekt vintern 2023/24 (beräknat vid slutet av 2023) anpassas andragsgradsfunktioner till de tre datapunkterna för vardera scenario. Dessa kan sedan användas för att beräkna de sökta effekterna. För de fyra scenarierna i samma ordning som i Tabell 14 blir de sökta effekterna 2 333, 2 333, 2 225 respektive 2 064 MW. Det framgår inte av prognosen om scenarierna är lika mellan 2020 och 2025, men i denna rapport görs antagandet att de inte är lika, utan med olika takt.

Från Energimyndigheten finns historisk data för antalet solcellsinstallationer och total installerad effekt, vilken kan delas upp i anläggningar på mindre än 20 kW, mellan 20 och 1 000 kW och större än 1 000 kW (Energimyndigheten, 2023). Normalt anges den övre gränsen för installationer på privata bostäder vara 20 kW, varför uppdelningen i denna rapport kommer göras vid denna nivå. Genom att titta på grupperna <20 och >20 kW var för sig är det möjligt att både räkna ut den genomsnittliga storleken på installationerna samt andelen som är <20 kW. Data och beräkningar presenteras i Tabell 15 nedan.

Tabell 15: Solcellsanläggningar i Sverige 2016–21 grupperat på storlek mindre och större än 20 kW.

År	Antal <20 kW	Total installerad effekt (MW)	Installerad effekt per installation (kW)	Andel (%)
2016	8 543	64,99	7,61	46,41
2017	12 885	103,84	8,06	44,96
2018	21 535	189,24	8,79	46,04
2019	37 656	347,12	9,22	49,73
2020	56 689	543,95	9,60	49,94
2021	80 207	789,39	9,84	49,74

År	Antal >20 kW	Total installerad effekt (MW)	Installerad effekt per installation (kW)	Andel (%)
2016	1 463	75,04	51,29	53,59
2017	2 413	127,14	52,68	55,04
2018	3 951	221,81	56,14	53,96
2019	6 288	350,93	55,81	50,27
2020	9 130	545,28	59,72	50,06
2021	12 152	797,62	65,64	50,26

I brist på prognoser över utvecklingen av storlek per installation och andel installationer som är mindre än 20 kW, görs i denna rapport antagandet att effekten per installation kommer ligga på 10 kW och andelen som är <20 kW kommer ligga på 50% för vintern 2023/24.

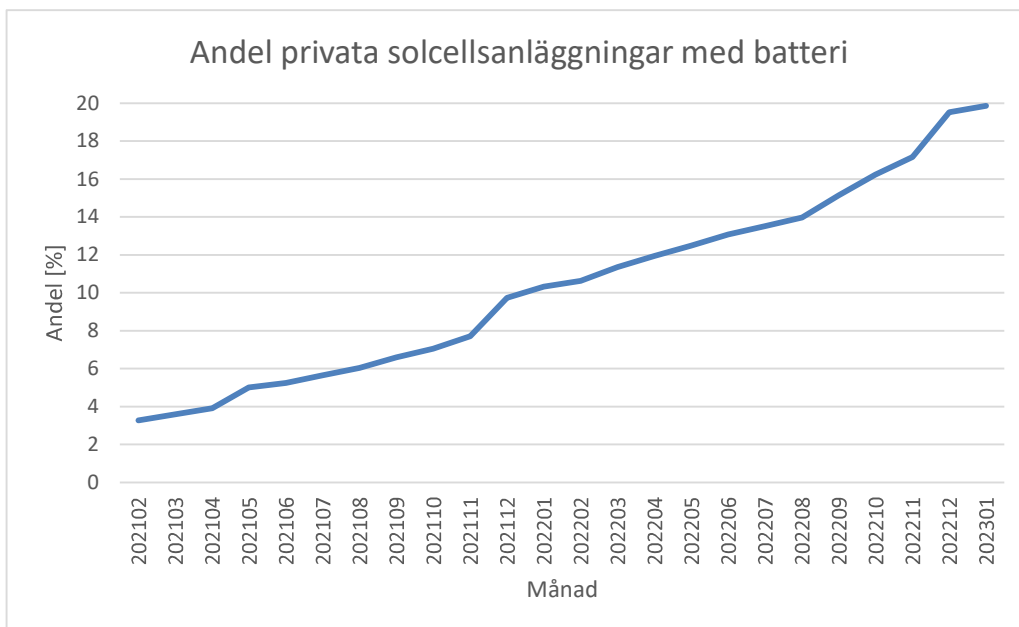
En notering här är att den installerade effekten är högre än vad Svenska Kraftnäts prognos säger för 2021 med det antagande som gjordes ovan gällande årlig ökning. Detta indikerar att prognosen redan är efter verkligheten, men i brist på andra prognoser kommer denna likväl att användas i denna rapport i kombination med beräknad snitteffekt och andel <20 kW enligt ovan som en konservativ uppskattning.

Med data och beräkningar enligt ovan kan antalet solcellsanläggningar på mindre än 20 kW uppskattas för vintern 2023/24. Detta presenteras i Tabell 16 nedan.

Tabell 16: Uppskattat antal solcellsanläggningar på <20 kW.

År	Antal anläggningar <20 kW			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	116 640	116 640	111 240	103 200

Statistiken över antalet som fått stöd för grön teknik (Skatteverket, 2023) sedan införandet i januari 2021 visar att det är cirka 16 300 som fått stöd för batterier fram till slutet av 2022, samt att detta motsvarar 19,5% av antalet som fått det för privata solcellsanläggningar under samma period. Inklusivt januari 2023 har dessa ändrats till drygt 17 000 och knappt 20%, vilket ska jämföras med 700 och drygt 3% under stödets första månad, vilket kan ses i Figur 5 nedan.



Figur 5: Andelen privata solcellsanläggningar med batteri sedan införandet av grön teknikstödet.

I denna rapport görs antagandet att inga batterier eller solcellsanläggningar utöver de i denna statistik har installerats under perioden. Vidare anger en uppskattning av antalet hushåll med solceller och batteri att 3 000 sådana fanns i slutet av år 2021 (Solcellskollen, 2022), vilket då inkluderar batterierna från statistiken ovan från 2021.

Som beskrivits ovan har den totala andelen solcellsanläggningar med batterier ökat, vilket har skett nästan lineärt i snitt. Med antagandet att andelen kommer fortsätta öka lineärt, kommer andelen ha vuxit till cirka 27% till årsskiftet 2023/24. Dock syns en avtagande ökning i början av 2023, vilket även kas ses i början av 2022, så det är mer över tid som ökningen är lineär. Även om denna uppskattning är osäker anses den inte orimlig eftersom det förväntas att en ökande andel av alla nya solcellsanläggningar kommer inkludera ett batterilager.

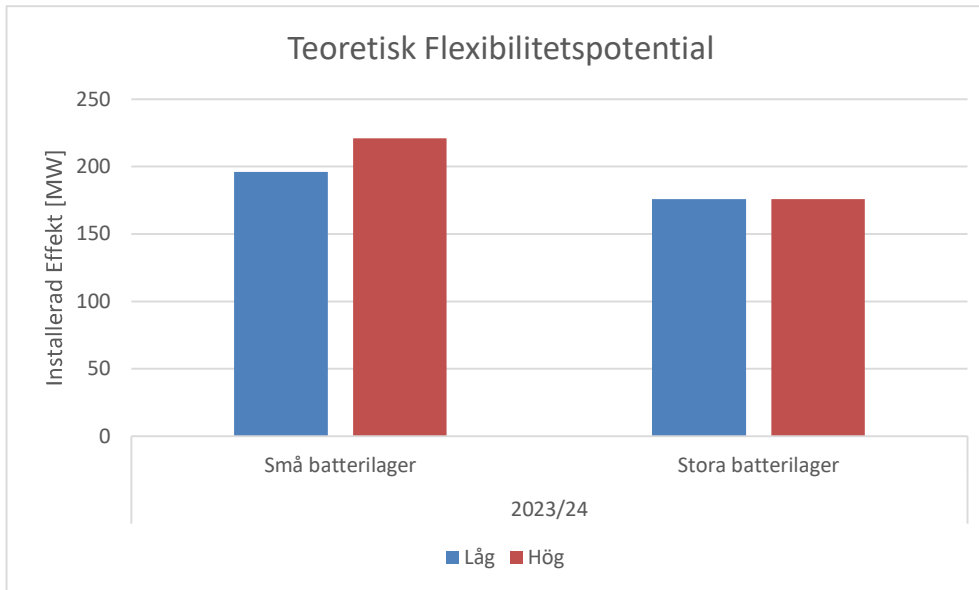
I kombination med tidigare uppskattning av antalet privata solcellsanläggningar i slutet av 2023 kan antalet privata batterier vid denna tidpunkt uppskattas. Baserat på batterier på marknaden för privata solcellsanläggningar är en uppskattning att snitteffekten kommer ligga på 7 kW. Genom att kombinera dessa uppskattningar med antalet solcellsanläggningar kan antalet hushåll med batteri och total installerad effekt beräknas, vilket visas i Tabell 17 nedan.

Tabell 17: Antal batterier kopplade till solceller på hus samt total installerad effekt för slutet av 2023 respektive 2025.

År	Antal batterier			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	31 609	31 609	30 146	27 967
År	Installerad effekt [MW]			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	222	222	212	196

Totalt är den tekniska flexibilitetspotentialen från batterier vintern 2023/24 176 MW från stora anläggningar och 196 - 222 MW från batterier i privata solcellsanläggningar, vilket resulterar i 372 - 398 MW totalt.

Resultaten presenteras i Figur 6, med låg och hög uppskattning där det är relevant. Precis som för transport ska det noteras att all teknisk potential inte alltid är tillgänglig eller kan realiseras vilket kommer senare i rapporten där den troliga realiserbara flyttbara effekten tas fram och presenteras.



Figur 6: Teknisk flexibilitetspotential för små och stora batterilager för vintrarna 2023/24.

2.2.2 Pumpkraft

Pumpkraftverk är en alternativ lagringsmetod som det finns ett fåtal av i Sverige. Totalt har det funnit fem stycken, men två av dem har omvandlats till vanliga kraftverk vilket innebär att det finns tre som är i drift. Samtliga fem presenteras i Tabell 18 nedan.

Tabell 18: Nuvarande och tidigare pumpkraftverk i Sverige.

Kraftverk	Effekt [MW]	Energi [GWh]	Status
Kymmen (fortum, 2023)	55	15	I drift
Letten (fortum, 2023)	36	-	I drift
Eggsjön (fortum, 2023)	0,6	-	I drift
Juktan (Vattenfall, 2022) (AFRY, 2022)	335	30	Omvandlat till kraftverk
Sillre (Vattenfall, 2023)	11	-	Omvandlat till kraftverk

Det har funnits pumpkraftverk med en total effekt på 437,4 MW, men idag är den siffran 91,4 MW. Det ska noteras att det undersöks om Juktan ska omvandlas tillbaka till ett pumpkraftverk, men enligt tidplanen som har lagts fram för studien kan det ske först 2031, förutsatt att beslutet tas att göra det och inga förseningar inträffar. Tanken är att utöver omvandla Juktan tillbaka till ett pumpkraftverk, även utvidga kapaciteten till ungefär 30 GWh (AFRY, 2022). Möjligheten att Juktan kan bli ett pumpkraftverk igen kommer dock inte ha någon påverkan här eftersom denna studie inte kommer titta på flexibilitetspotentialen längre fram än till vintern 2030/31.

Precis som för transport och batteri ska det noteras att all teknisk potential inte alltid är tillgänglig eller kan realiseras vilket kommer beskrivas senare i rapporten där den troliga realiserbara flyttbara effekten tas fram och presenteras.

2.3 Producenter

Idag kommer majoriteten av all flexibilitet inom produktion i Sverige från vattenkraften. Eftersom denna rapport endast hanterar topplasttimmarna, under vilka det antas att vattenkraften redan producerar så mycket det är möjligt, finns ingen mer flexibilitet kvar att använda. Således inkluderas denna flexibilitet inte i denna studie.

Gällande småskaliga producenter anses dessa inte vara nämnvärt relevanta för flexibilitet för vinterns höglasttimmar. Detta beror på att småskaliga producenter primärt består av vind- och solkraft, vilka är intermittenta elproducenter vars produktion inte är möjlig att flytta i tid, om inte det även finns energilager installerade i anläggningen. Det anses heller inte vara rimligt att anta att de kan öka produktionen genom styrning, bortsett från de fall då produktionen från till

exempel vind är nedreglerad sedan tidigare. Detta anses dock inte vara ett realistiskt scenario under höglasttimmarna, då all tillgänglig elproduktion från vindkraft redan antas utnyttjas. Eftersom detta inte är ekonomiskt fördelaktigt för producenten lär sådana nedregleringar bara ske av specifika anledningar och med ekonomisk kompensation. Då solinstrålningen är betydligt lägre under vintern i Sverige antas effekten från solkraften vara förhållandevis låg eller till och med obefintlig beroende på geografisk plats och exakt tid på dygnet.

Det anses således inte rimligt att sol- och vindkraft kan räknas som flexibilitetspotential under de förutsättningar som undersöks i denna rapport, det vill säga höglasttimmar under vintern.

Ett alternativ för att kunna göra det vore att installera batterier kopplade till produktionen, vilka antingen kan kompensera bortfall av produktion vid låg vind eller, förutsatt att anslutningen klarar av det, kombinera effekt från vindkraften och batterierna för att leverera mer effekt än vindkraften kan själv vid tidpunkten, för att på så vis bidra med flexibilitet under höglasttimmarna. För specifikt vintrar anses inte detta vara ett alternativ för sol då solcellsproduktionen är låg och batterierna istället skulle agera mer som lagring i kapitel 2.2.1. Baserat på ovanstående och i viss mån otillräckliga data kring andelen producenter med batteri, installerad effekt och kapacitet samt framtidsprognos för batterier anslutna till produktion, kommer detta inte att uppskattas som en flexibilitetsresurs i denna rapport.

Ett liknande resonemang kan föras kring vätgasproduktion kopplad till vindkraft. Även om detta är något som förväntas bli vanligare i framtiden, så ses inte vätgasens huvudsakliga syfte vara elproduktion i gasturbiner. Snarare förväntas vätgasen användas i industrin antingen direkt eller via omvandling till andra ämnen, eller möjligtvis även som bränsle i fordon. Av dessa anledningar kommer lagrad vätgas inte ses som en flexibilitet i elproduktion.

Slutligen kan även de reservaggregat som finns installerade, i bland annat sjukhus, nämnas som möjlig flexibilitetspotential. Principiellt kan reservaggregat användas för flexibilitet genom att öka tillgänglig effekt under höglasttimmar, men även om det är tekniskt möjligt kan man inte räkna med tillgänglighet. Vidare är det troligtvis få som är uppkopplade och möjliggör styrning från till exempel ett elbolag som erbjuder flexibilitet som tjänst. En grov uppskattning av antalet reservaggregat i Sverige från år 2013 anger att det då fanns cirka 60 000 (Energinyheter, 2013), men fanns inga uppgifter om effekt eller status.

På grund av de listade anledningarna och antagandena, så antas i denna rapport inte heller reservaggregat kunna utgöra någon flexibilitetsresurs, och kommer således inte att undersökas vidare.

2.4 Sammanfattning

En sammanställning av den antagna tekniska flexibilitetspotentialen under de möjliga topplasttimmarna, d.v.s på eftermiddagen vardagar, för olika sektorer år 2023 presenteras i följande tabellen. Den totala potentialen vid lastflyttning på en timme är 11 443 MW och lastminskning på en timme är 1 326 MW. Denna potential är under förutsättning att alla resurser är tillgängliga under samma timme.

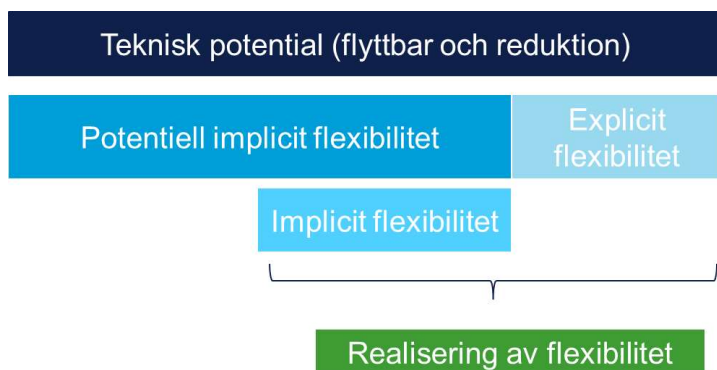
Tabell 19: Flexibilitetspotential (MW) för olika sektor i Sverige år 2023

Typ av last	Flyttbar potential (MW)	Uthållighet (h)	Återhämtning (h)	Reduktionspotential (MW)
Hushåll-Uppvärmning – luft	7 022	1	2	746
Hushåll- Uppvärmning – vatten	117	12	12	26
Hushåll- Apparater	565	1	2	-
Hushåll- Belysning	-	-	-	83
Service-Uppvärmning och ventilation	960	1	2	48

Service- Kylning	75	1	2	-
Service - Belysning	-	-	-	61
Massa- och pappersindustri	1 030	1.5	24	1 030
Stålverk	-	2	-	180
Aluminium	-	4	-	65
Kemi	-	2	-	60
Cement	-	2	-	34
Datacenter	23	1	-	23
Transport G2V (vardag 16-20)	169	1	2	-
Transport V2G	4	1	2	-
Lagring (stora batterier)	176	1	2	-
Lagring (små batterier)	211	1	2	-
Lagring (pumpkraft)	91	70-170	-	-
Summa	11 443	-	-	1 326

3 POTENTIALEN SOM KAN REALISERAS VINTERN 2023/24

I detta kapitel presenteras metoden och uppskattningen av hur mycket av den potential som uppskattats i föregående kapitel som kan realiseras. Vi utgår från tillgänglig information som är relevant för olika förutsättningar i år: teknisk beredskap, olika elavtal, volymer på flexibilitetsmarknader och konsumenternas vilja att anpassa sin elförbrukning. Den tekniska potentialen kan realiseras genom explicit aktivering och implicit aktivering. Explicit aktivering är i denna rapport beräknat från den kvalificerade volymen i de lokala flexibilitetsmarknaderna. Efter att ha tagit bort den explicita flexibiliteten från den tekniska potentialen är det resterande volymen det som potentiellt kan realiseras via implicit aktivering. Hur mycket av detta som kommer att realiseras vid implicit aktivering, d.v.s. hur mycket konsumtion som kommer att ändras jämfört med baseline, beror på kombinationen av förutsättningar. Kombinationen av förutsättningar kommer att påverka olika sektorer på olika sätt. Vid uppskattning av realiserbar potential, har vi använt många antaganden som är baserade på vår kunskap och aktuell information. Dessa antaganden kan och bör uppdateras när ny information är tillgänglig.



Figur 7 Illustration av metoden.

3.1 Efterfrågeflexibilitet

3.1.1 Hushåll, service och industri

Explicit flexibilitet i vinter antas inte vara mer än de resurser som är aktiva på de lokala flexibilitetsmarknaderna. I den här rapporten har vi tittat på statistik från CoordiNet, sthlmflex och Effekthandel Väst. Resten av flexibilitetspotentialen betraktas som potentiell implicit flexibilitet.

Eftersom de resurser som är flexibla har liknande egenskaper inom hushållssektorn och servicesektorn och på grund av brist på detaljerade data, kommer vi i följande analys att kombinera dessa två sektorer.

Enligt slutrapporten från CoordiNet är cirka 114 MW flexibilitet från förbrukning tillgänglig under vinter 21/22 inom CoordiNet flexmarknader om allt skulle vara tillgängligt samtidigt (Ruwaida, et al., 2022). Flexibilitet från industrin står för ca. 48 MW.

Enligt den senast rapporten från sthlmflex är cirka 148 MW flexibilitet från förbrukning tillgänglig under vinter 21/22 inom sthlmflex marknader om allt skulle vara tillgängligt samtidigt (Ruwaida, et al., 2022). Flexibilitet från industrin står för ca. 72 MW.

Motsvarande siffra för Effekthandel Väst är 11 MW i tillgängliga flexibla resurser för vintern 2022/2023, varav allt kommer från bostäder/serviceaktörer.³

6% av småhusen och servicehusen har timprisavtal enligt SKI-undersökning (SKI Energi, 2022). Runt 70% av hushållen kan tänka sig att anpassa sin elanvändning till andra tider på dygnet om de kan spara pengar på det enligt SKIs enkät.

³ Enligt uppgift från Energimarknadsinspektionen

Enligt rapporterna från de lokala flexibilitetsmarknaderna är summan av maxkapaciteten som kunde handlats via lokala flexibilitetsmarknader 273 MW (= 114 + 148 + 11). Cirka 120 MW (= 48 + 72) kapacitet från industrin och 153 MW (= 273 - 120) kapacitet från hushåll- och servicesektor. Därför antar vi att flexibilitetspotentialen från efterfrågefleksibilitet som kan vara aktiv av explicita marknader⁴ är 153 MW.

Realisering av implicit flexibilitet för den här vintern bygger till stor del på hur konsumenterna betedde sig under den senaste vintern när elpriset var extremt högt och det uttrycktes en stor oro för energitillräcklighetsproblemet i de stora medierna. Mer potential kan frigöras om situationen förvärras, eller större ansträngningar görs för att uppmuntra människor att reagera.

Den potentiella reduktion som kan realiseras med implicita medel är 811 MW = 964⁵ - 153. Med tanke på att cirka 6% av husen och servicebyggnaderna har timprisavtal, och förutsatt att 50% av dem skulle reagera på prissignaler, visar det en implicit flexibilitet på 24 MW = 811 * 6% * 50%. Det finns också konsumenter som kommer att reagera av andra anledningar, till exempel på grund av att kunderna tror att det kommer bli dyrt eller att de tycker det är bra för samhället om de anpassar sin förbrukning. Vi förutsätter att cirka 10% av alla konsumenter från hushålls- och tjänstesektorn skulle reagera även om de inte har timprisavtal, det vill säga 76 MW = 811 * 94% * 10%. Summan blir 101 MW för reduktion som sannolikt kommer att realiseras. Om vi i stället antar att cirka 50% av alla konsumenter från hushålls- och tjänstesektorn skulle reagera även om de inte har timprisavtal, det vill säga 386 MW = 811 * 94% * 50%. Då blir summan 405 MW. Samma metod används för att beräkna flyttbar flexibilitet, vilket resulterar i 3 486 MW, med antagande att 40% av alla konsumenter från hushålls- och tjänstesektorn kan flytta sin förbrukning även om de inte har timprisavtalet.

På grund av det extremt höga elpris som inträffade under vintern 2021/2022, så har Holmen stängt en del pappersfabriker för att undvika extremt höga elkostnader (Svt nyheter, 2021). Det är sannolikt att fabriken har valt att temporärt stänga ner på grund av att de behöver spara pengar eftersom de höga elkostnaderna inte kan överföras till deras egna kunder. Det är osannolikt att industrin tillhandhåller mycket implicit flexibilitet så länge kostnaden för el kan överföras till deras kunder. Eftersom den totala konsumtionen i Sverige har minskat med 5% under januari-september 2022 jämfört med samma period 2021 (Power Circle, 2022) antar vi att 5% av reduktionspotentialen från industrin kan frigöras av prissignaler. Därför uppskattas den reduktionspotential som kan realiseras implicit i industrisektorn till 68 MW (= 1 392 * 5%). Vi antar även att industrin med rätt information och god planering kan flytta 5% av sin konsumtion. Därför uppskattas den flyttbara potentialen som kan realiseras implicit i industrisektor till 52 MW (= 1 030 * 5%).

Tabell 20: Flexibilitetspotential inom Hushåll, Service och industri - vintern 2023/24

Vintern 2023/24	Flyttbar potential (MW)	Reduktionspotential (MW)	Implicit flexibilitet-flytt (MW)	Implicit flexibilitet - reduktion(MW)	Explicit flexibilitet (MW)
Hushåll & service	8 740	964	3 486	101	153
Industri	1 053	1 392	52	70	120

3.1.2 Transport

3.1.2.1 G2V

Idag finns ett par företag i Sverige som erbjuder flexibilitet av laddning av BEV (G2V) som tjänst för elfordonsägare, bland annat Kraftthem (Kraftthem, 2021), Tibber (tibber, 2023), Fortum (fortum, 2023) och Greenly (greenly, 2023). Det är dock okänt hur många sådana kunder dessa och andra liknande företag har samt hur denna bransch kommer utvecklas.

⁴ Vi utesluter inte att det utöver de lokala flexibilitetsmarknaderna kommer att finnas nationella marknader för flexibilitetstjänster. Utmaningen är att samma resurser kan delta i båda typerna av marknader. Potentialen räknas dock i den tekniska potentialen, se Figur 7.

⁵ Detta tal är summan av reduktionspotentialen som visas i Tabell 7 och Tabell 9.

I augusti 2022 hade cirka 6% av alla svenskar timprisavtal enligt en SKI-undersökning.

En färsk undersökning, genomförd av Novus och Energimyndigheten, visar att 17% av de som sett Energimyndighetens kampanj om elanvändning anger att de har ändrat sitt beteende gällande bland annat laddning av elbil, och att 37% anser sig vara villiga att göra det i framtiden (Energimyndigheten/Novus, 2022). Av de 17% som sett kampanjen och anger att de redan har ändrat sitt beteende gällande bland annat laddning av elbil, antas samtliga ha gjort det för sina elbilar, samt att andelen är representativ för hela svenska fordonsflottan. Samma antagande görs för de 37% som anger sig villiga att ändra beteende.

För vintern 2023/24 antas att 20% av alla elfordonsägare flyttar sin laddning bort från höglasstimmarna, antingen på grund av elpris, speciella avtal med sina elbolag eller för att hjälpa elsystemet. Detta antagande är baserat på ett par aspekter. För det första förväntas de som förra vintern flyttade sin laddning fortsätta göra det även nästa och kommande vintrar. För det andra förväntas andelen som flyttar sin laddning bli högre än de 17% som undersökningen anger gjorde det under föregående vinter. Slutligen förväntas andelen inte ha ökat till de 37% som säger sig vara villiga att flytta laddningen, då det antas ta länge tid än ett år att nå upp till denna nivå. Ökningen mellan förra och nästa vinter räknas vara förhållandevis liten på grund av den korta tiden mellan vintrarna.

Andelen som flyttar laddningen själva, antingen som en konsekvens av högt elpris eller av välvilja (implicit flexibilitet), antas vara 50%. Detta antagande baseras på kombinationen av att 6% har timpris och 17% anger att de har flyttat elanvändning såsom laddning av BEV. Detta antas betyda att en dryg tredjedel av de som ändrat sitt beteende har gjort det på grund av elpriserna. En något mindre andel antas göra det utan ekonomisk vinning för att till exempel minsta risken för styrda strömavbrott som en konsekvens av effektbrist, vilket gör att den totala implicita delen uppskattas till 50% (50% av 20%).

Andelen som gör det via företag som erbjuder flexibilitetstjänster för elbilsägare (explicit flexibilitet) antas således vara den resterande delen, det vill säga 50% av de som antas flytta sin laddning (50% av 20%).

Av de som tillhör de 20 procenten som antas ändra sitt laddbeteende för vintern 2023/24 antas 50% vara tillgängliga under varje specifik timme. Resterande andel antas inte kunna bidra med flexibilitet på grund av anledningar såsom för låg laddnivå eller för kort tid tills nästa körning.

Samtliga av de ovan beskrivna antagandena antas gälla både för veckodagar och helgdagar.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen för G2V under vintern 2023/24 presenteras med fakta och antagandena ovan i Tabell 21.

Tabell 21: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2023/24 från G2V.

	Vardag		Helgdag	
	Implicit	Explicit	Implicit	Explicit
Teknisk maxpotential under höglasstimmarna (kl. 16-20)	169 MW		79 MW	
Andel bilägare som kommer flytta laddning till andra timmar än höglasstimmarna	20%		20%	
Andel av de som flyttar laddning av elbil som gör det p.g.a. elpris	35%	N/A	35%	N/A
Andel av de som flyttar laddning av elbil som gör det p.g.a. välvilja	15%	N/A	15%	N/A
Andel av de som flyttar laddning av elbil som gör det p.g.a. avtal med elbolag	N/A	50%	N/A	50%
Andel av de som flyttar laddning av elbil som är tillgänglig för flexibilitet under höglast	50%		50%	
Total realiserbar flexibilitetspotential	8,45 MW	8,45 MW	3,95 MW	3,95 MW

3.1.2.2 V2G

Idag har drygt 5% av den svenska elfordonsflottan det ladduttag (CHAdeMO) som teoretiskt sett kan stödja funktionen V2G. Dessa fordon har dock även ett typ 1-uttag för laddning hemma. Bland offentliga laddare har knappt 3,5% en

kontakttyp (CHAdEMO) som teoretiskt kan stödja funktionen V2G, men minskar kontinuerligt (Elbilsstatistik, 2023) eftersom CCS-uttaget numera är ett krav för elfordon som säljs inom EU, vilket ännu inte stödjer V2G. Gällande antalet privata CHAdEMO-laddare är det inte känt via någon funnen statistik.

Eftersom det inte är känt om några privata CHAdEMO-laddare finns i Sverige, och eftersom typ 1-laddare används för dessa fordon när de laddas hemma antas den realiserbara potentialen vara obefintlig från hemmaladdning för vintern 2023/24. Även för offentliga CHAdEMO-laddare antas den realiserbara potentialen vara obefintlig eftersom dessa normalt inte används i kombination med långtidsparkering.

På grund av avsaknaden av kända privata laddare som stödjer funktionen V2G och avsaknaden av kända tjänster för de offentliga laddarna som teoretiskt kan stödja V2G, dras slutsatsen att den realiserbara potentialen för V2G för vintern 2023/24 är noll. Detta presenteras i Tabell 22 nedan.

Tabell 22: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2023/24 från V2G.

	Explicit
Teknisk maxpotential under ett dygn (kl. 0-24)	2,9 MW
Andel bilägare med rätt kontakttyp med privat laddare som stödjer V2G	0%
Andel offentliga laddare som stödjer V2G	0%
Andel av de som kan erbjuda V2G som är tillgängliga under höglast	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	0 MW

3.2 Lagring

3.2.1.1 Batteri – stora anläggningar

Baserat på kända anläggningar i drift eller som kommer vara i drift till vintern 2023/24 (se 2.2.1) har de stora batterianläggningarna uppskattats ha en total effekt på 176 MW.

I brist på mer information antas de funna storskaliga batterianläggningarna motsvara den totala mängden i Sverige vintern 2023. Troligtvis är den verkliga siffran större, men i denna rapport används de framtagna siffrorna som en mer konservativ uppskattning.

Av de storskaliga batterianläggningarna antas 70% kunna erbjuda flexibilitet och ha de specifika avtal (explicit flexibilitet) som krävs för att ha tjänsten på plats. Detta antagande är baserat på att denna typ av batterier borde kunna erbjuda flexibilitet, men sannolikt gör inte alla det. Andelen av den totala effekten som antas vara tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasttimmarna är 50%.

Viktigt att notera är att den flexibilitet som batterierna kan erbjuda enligt antagandena ovan redan idag förutsätts användas. Det finns således ingen extra flexibilitet utöver från de nya batterierna som byggs fram till vintern 2023/24.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från storskaliga batterianläggningar under vintern 2023/24 presenteras med fakten och antagandena ovan i Tabell 23.

Tabell 23: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2023/24 från storskaliga batterianläggningar.

	Explicit
Teknisk maxpotential	176 MW
Andel stora batterianläggningar som kan användas för flexibilitet	70%
Andel stora batterianläggningar som är tillgängliga för flexibilitet under höglasttimmarna	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	62 MW

3.2.1.2 Batteri – batterier kopplade till privata solcellsanläggningar

Det finns idag företag som erbjuder flexibilitetstjänster (explicit flexibilitet) till kunder med privatägda batterier, till exempel Krafthem (Krafthem, 2021). Det är dock inte känt hur många kunder detta eller andra företag med liknande tjänster har.

Privata batterier antas som standard inte styras för flexibilitet under topplasttimmarna, utan snarare för ekonomiska fördelar för kunden genom att till exempel ladda batteriet när elen är billig, och använda den lagrade energin när elen är dyr, men inte specifikt under de timmar då flexibilitet kan behövas. Andelen batterianläggningar som erbjuder kapacitet för flexibilitet via specifika avtal antas därför vara väldigt låg och för vintern 2023/24 antas den kunna bortses från. Av den lilla mängd som eventuellt har ett avtal för flexibilitet för sina batterier, antas andelen effekt som är tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasttimmarna vara 50%.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från privatägda batterier under vintern 2023/24 presenteras med faktan och antagandena ovan i Tabell 24.

Tabell 24: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2023/24 från privatägda batterier.

	Explicit
Teknisk maxpotential	268 MW
Andel privata batterier som kan användas för flexibilitet	0%
Andel privata batterier som är tillgängliga för flexibilitet under höglasttimmarna	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	0 MW

3.2.1.3 Pumpkraftverk

Idag finns det tre pumpkraftverk i drift, men exakt vilka funktioner och tjänster de erbjuder är okänt.

För denna rapport antas samtliga pumpkraftverk erbjuda flexibilitet via specifika avtal (explicit flexibilitet), men endast till motsvarande 70% av den installerade effekten.

Andelen effekt som är tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasttimmarna antas vara 50%.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från pumpkraftverk under vintern 2023/24 presenteras med faktan och antagandena ovan i Tabell 25.

Tabell 25: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2023/24 från pumpkraft.

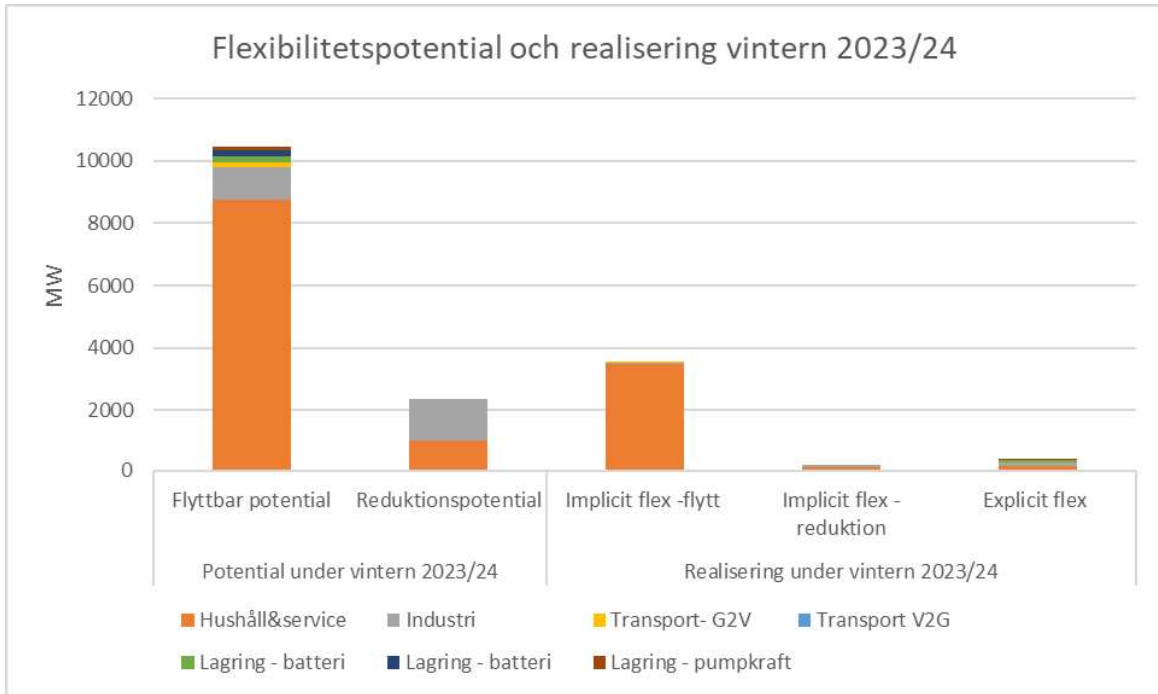
	Explicit
Teknisk maxpotential	91,4 MW
Andel pumpkraftverk som kan användas för flexibilitet	70%
Andel pumpkraftverk som är tillgängliga för flexibilitet under höglasttimmarna	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	32 MW

3.3 Sammanfattning

Den totala mängden potential som kan realiseras under vintern 2023/24 presenteras i tabellen nedan. Flexibilitetens potential kommer främst från hushålls- och tjänstesektorn. Realisering är mycket mindre än potentialen i alla sektorer.

Tabell 26: Sammanställning av flexibilitetsrealisering vintern 2023/24

Sektor	Flexibla resurser	Tid	Implicit flexibilitet – flytt (MW)	Implicit flexibilitet – reduktion (MW)	Explicit flexibilitet (MW)
Hushåll och service	uppvärmning, kylning, tvätt/disk, belysning, Ventilation	vardag, kl. 7-19	3 486	101	153
Industri	Raffineringsprocessen, ljusbågsugn, elektrolys, ventilation etc.	kl. 0-24	52	70	120
Transport	G2V Vardag	kl. 16-20	8	0	8
Transport	V2G	kl. 16-20	0	0	0
Lagring	Batteri (stora anläggningar)	-	0	0	62
Lagring	Batteri (privata solceller med batteri)	-	0	0	0
Lagring	Pumpkraft	-	0	0	32
Summa			3 546	170	375



Figur 8: Flexibilitetspotential och realisering vintern 2023/24

4 POTENTIALEN SOM KAN REALISERAS VINTERN 2025/26

Med utvecklingen av teknik, leverantörer av aggregeringstjänster och medvetenhet om värdet av att vara flexibel som konsumenter förändras potentialen för flexibilitet som tiden går. Vissa konsumenter kan börja bli mer effektiva i att använda energi, spara mer och vara medvetna om timpris när de använder el. Vissa konsumenter använder mer smarta enheter eller tjänster för att kontrollera förbrukningen. Därför börjar vi i det här kapitlet med att omvärdera flexibilitetspotentialen för vintern 2025/26. Baserat på den olika kombinationen av förutsättningar för flexibilitet uppskattar vi realisering av flexibilitet i varje sektor.

4.1 Efterfrågeflexibilitet

4.1.1 Hushåll, service och industri

Flexibilitetspotentialen vintern 2025/26 förändras eftersom konsumtionsmixen kommer att ha förändrats. Enligt Svk:s prognos för konsumtionsmixen 2025, och Energimyndighetens prognos, kan vi se att den totala konsumtionen i hushållssektorn minskar något under åren 2025 och 2026 och ökar med mellan 16 och 22 TWh för industrisektorn, se Tabell 27. Denna ökning beror främst på etableringen av nya industrier, framför allt vätgasproduktionscentra. Det finns också en stadig ökning för datacenter.

Tabell 27: Konsumtionsmix i Sverige

Elanvändning i olika sektor (TWh)	2022	2023	2024	2025	2026	Ökning från 2023 till 2025
Hushåll och service	72.4	72.5	72.6	71.8	71.9	-0.7
Industri	45.8	47.1	45.9	62.0	68.7	16
Datacenter	1.5	2.0	2.7	4.0	4.8	2
Transport	3.7	3.7	3.7	7.3	8	3.6

Vi utgår från att den flexibilitetspotential som beräknats för år 2023/24 kvarstår. Flexibilitetspotentialen för vintern 2025/26 är summan av den potential som beräknats för år 2023/24 och den ökade flexibilitetspotentialen från de nya värmepumparna.

Vi antar att reduktionspotentialen från hushållen kommer att öka under de kommande åren på grund av att fler och fler värmepumpar är smartare och människor börjar installera fjärrstyrning för att göra dem smartare. Servicesektorn antas förbli på samma nivå på grund av brist på bättre data inom denna sektor. Den flyttbara potentialen från hushålls- och servicesektorn anses oförändrad från vintern 2023/24 till vintern 2025/26. Anledningen är att den flyttbara potentialen beräknas utifrån timförbrukningen, med tanke på de begränsningar vi presenterade i 2.1. Utan stora förändringar i elförbrukningen antar vi att den flyttbara potentialen förblir densamma. Flexibilitetspotentialen från industrisektorn kommer att öka också på grund av flexibilitet från vätgasproduktion och nya datacenter.

Värmepumpar

Inom hushållssektorn antar vi att reduktionspotentialen kommer att öka på grund av smartare värmepumpar och att människor börjar använda de smarta funktionerna. Det är rimligt att anta att 10% av värmepumparna som installeras efter 2009 kan fjärrstyras via ett tidur, värmekurva eller prissignal och värmepumparna som installeras efter 2016 har SG-ready-funktionen (Lindahl, 2019). Med SG-ready-funktion kan värmepumpar välja fyra olika driftlägen: stängas av, normala inställningar, lågprisläge och överkapacitetsläge. Därför antar i den här rapporten vi 10% VP som installeras mellan 2009 och 2016 kommer att fjärrstyras och 90% av VP installeras efter 2016 har SG-ready-funktion. Enligt försäljningsstatistiken är antalet värmepumpar som såldes mellan 2009 och 2016 382 708 och antalet värmepumpar som såldes mellan 2016 och 2022 är 341 122 (SKVP, 2022).

Vintern 2025/26 antar vi att fler och fler användare som har smart VP (VP som kan fjärrstyras och som har SG-ready funktionen) kommer att börja använda de smarta funktionerna. I stället för 10% reduktionspotential (vilken är antagandet vintern 2023/24) kan de därför minska hela konsumtionen under topplasttimmen, vilken antas vara i genomsnitt 60% av

den installerade kapacitet. Därför kommer den extra reduktionspotentialen från dessa smarta VP, jämfört med 2023/24, att vara cirka 50% av den installerade kapacitet. Vi fortsätter att anta att 75% av elanvändningen är för luftuppvärmning. Därför är den extra potentialen för effektreduktion 1 036 MW (= 382 708 antal VP * 10% som har fjärrstyrning * 8kW * 50% reduktionspotential * 75% för luftuppvärmning + 341 122 antal VP* 90% som har SG-ready * 8kW * 50% reduktionspotential * 75% för luftuppvärmning). I kombination med flexibilitetspotentialen från vintern 2023/24 blir den totala reduktionspotentialen från luftuppvärmning för vintern 2025/26 1 782 = 1 036 + 746⁶ MW.

Vätgasproduktion genom elektrolys

Den ökade elförbrukningen inom industrisektorn beror främst på nyetablering inom industrin, till exempel vätgasproduktion, batterifabriker och så vidare, samt elektrifiering och expansion av andra industrier. Enligt Svk:s prognos antas ungefär hälften av ökningen från 2023 till vintern 2025 komma från vätgasproduktion, det vill säga cirka 8 TWh beror på vätgasproduktion. Med tanke på att elektrolysörerna i genomsnitt körs på 80% av sin installerade kapacitet⁷ och antagandet att elektrolysörerna körs 75% av tiden på året, beräknar vi att den totala installerade kapaciteten på elektrolysanläggningar är cirka 1 541 MW.

Vätgasproduktion kan vara en del av stålindustrin, alternativt fristående vätgasproduktion eller samlokaliserad med havsbaserad vindkraftsproduktion. Vätgaslager kan variera beroende på försäljning eller användning av vätgas. Men på grund av den höga investeringskostnaden används elektrolysörerna på en hög utnyttjandegrad under hela året. Vätgasproduktionen är dock även mycket känslig för elpriserna, när priset är tillräckligt högt kan det vara värt att minska produktionen under de timmarna och öka produktionen under andra timmar när elpriserna är lägre. Elektrolysörer har förmågan att reglera upp och ner snabbt, och om regleringen ligger inom vissa gränser, påverkar flexibiliteten inte livslängden så mycket (IRENA, 2019). Det är också rimligt att anta att alla vätgasproduktionsanläggningar har vätgaslagring som kan ge åtminstone tre dagars behov av vätgas. Därför är det troligt att elektrolysörer kan vara mycket flexibla. De kan reglera ner till sin lägsta produktionsnivå (vilket antas vara 10% av sin installerade effekt) under topplaststimmarna. Därför är flexibilitetspotentialen från den nya vätgasproduktionen 1 079 MW (= 1 541 * (80% - 10%)).

Datacenter

Allt fler datacenter väntas etableras i Sverige, och elförbrukningen från datacenter väntas öka med cirka 2 TWh från 2023 till 2025. Elförbrukning från datacenter är positivt relaterad till beräkningsbelastningen. Som vi nämnde tidigare har datacenter potential att omfördela beräkningen och justera sin elförbrukning. Detta är dock mycket osäkert. Därför är flexibilitetspotentialen i denna utredning bara baserad på stödsystem som ventilation. Med samma metod som i avsnitt 2.1.12 ökar flexibiliteten med cirka 23 MW från 2023 till 2025. Det resulterar i 46 MW flexibilitetspotential från datacenter.

I kombination med flexibilitetspotentialen från vintern 2023/24 blir den totala reduktionspotentialen från industri för vintern 2025 2 493 MW.

Tabell 28: Flexibilitetspotential från Hushåll, Service och Industri vintern 2023/24 och vintern 2025/26

	Flyttbar potential vintern 2023/24 (MW)	Reduktionspotential vintern 2023/24 (MW)	Flyttbar potential vintern 2025/26 (MW)	Reduktionspotential vintern 2025/26 (MW)
Hushåll & service	8 740	964	8 740	2 000
Industri	1 053	1 392	2 154	2 493

4.1.1.1 Realisering av flexibilitet inom hushåll

Vi använder samma metod som för år 2023/24 för att uppskatta realiseringen. Den explicita flexibiliteten anses vara den flexibilitet som handlas på de relevanta marknaderna, d.v.s. lokala flexibilitetsmarknader eller balansmarknader. Vi antar att volymen på den lokala flexibilitetsmarknaden kommer att öka ca 20% från vintern 2023/24 till vintern 2025/26. Den

⁶ Se Tabell 7

⁷ En stålindustri kan ha överkapacitet som motsvara 30 % av normal effekt enligt studie (Garney & Kennerland, 2020).

explicita flexibiliteten blir 184 MW från hushålls- och servicesektorn. Vi uppdaterar uppskattningen av implicit flexibilitet med samma metod som för år 2023/24. Undersökningen som SKI gjort visar att det ökade intresset för elavtal och viljan att anpassa förbrukningen inom hushållen är cirka 50% respektive 70%. Det betyder dock inte att alla dessa människor kommer att ändra sina elavtal till timprisavtal. Där antar vi att 25% av konsumenterna kommer att byta till timprisavtal. Den reduktionspotential via implicita aktivering från hushålls- och servicesektorn blir 363 MW och flyttbareffekt via implicit aktivering blir 3 636 MW.

4.1.1.2 Realisering av flexibilitet inom industri

Den totala flexibilitetspotentialen från industrisektorn kommer från de traditionella branscherna, t.ex. stål-, kemi- och pappersindustri, som beräknas till 2023 och den ökade vätgasproduktion och nya datacenter. Den explicita flexibiliteten anses vara den flexibilitet som handlas på de relevanta marknaderna. Vi antar att volymen på de lokala flexibilitetsmarknaden kommer att öka ca 20% från vintern 2023/24 till vintern 2025/26. Den explicita flexibiliteten blir 144 MW från industrisektorn. Vi antar att 50% av vätgasproduktionen och datacenter kan ge sin flexibilitet under topplaststimmarna på grund av högt elpris, vilket då kommer att ge 632 MW $(= (1\ 079 + 46) * 50\%)$ flexibilitet. Tillsammans med nya datacenter och flexibilitetspotentialen från andra branscher blir summan av implicit flexibilitet 632 MW från industrisektorn. Om vi antar att den mesta av vätgasproduktionen, 80%, kan minska sin produktion till ett minimum, kommer 863 MW $(= 1\ 079 * 80\%)$ från vätgasproduktion att realiseras via implicit sätt och totalt 956 MW. Samma metod används för att beräkna den flyttbara implicita flexibiliteten. Genom att anta 50% av vätgasproduktionen och datacenter kan ge sin flexibilitet under topplaststimmarna på grund av högt elpris, blir den totala implicita flyttbarflexibiliteten från industri 614 MW.

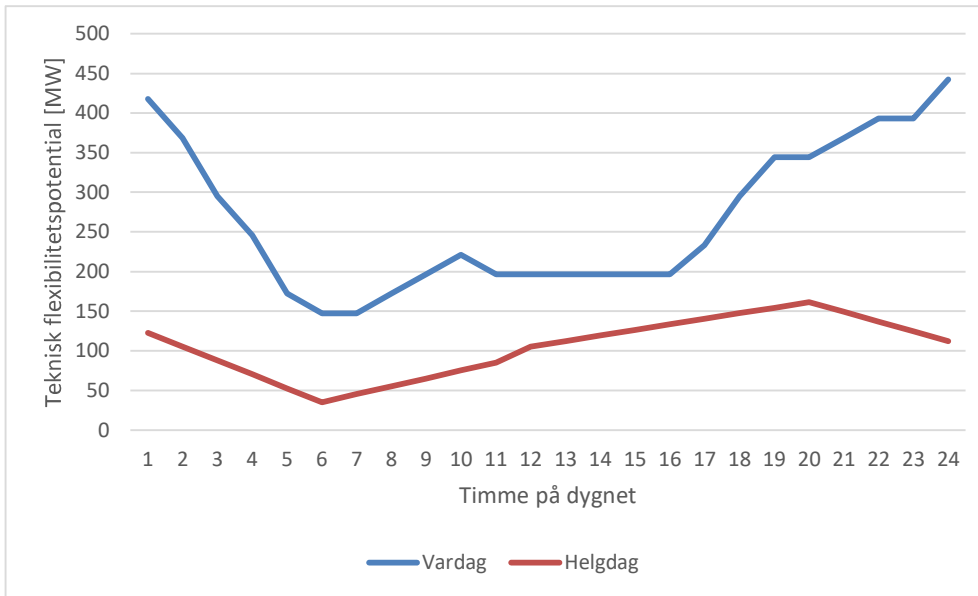
Tabell 29: Realisering av flexibilitetspotential från Hushåll, Service och Industri

	Imp. flex -flytt vintern 2023/24 (MW)	Imp. flex -reduktion 2023/24 (MW)	Exp. flex 2023/24(MW)	Imp. flex -flytt vintern 2025/26 (MW)	Imp. flex -reduktion 2025/26 (MW)	Exp. flex 2025/26(MW)
Hushåll & service	3 486	101	153	3 636	363	184
Industri	52	70	120	614	632	144

4.1.2 Transport

4.1.2.1 G2V

Vintern 2025/26 är relativt nära i tid till vintern 2023/24, varför antagandet i denna rapport är att samma profil som i Figur 1 kan användas. Skillnaden mellan de två vintrarna blir således endast baserad på antalet elbilar som presenteras i Tabell 11, och profilen presenteras i Figur 9 nedan.



Figur 9: Teknisk maximal flexibilitetspotential under ett dygn under vintern 2025/26 för var- respektive helgdag. Från figuren ovan fås att den maximala flexibilitetspotentialen under höglasttimmarna vintern 2025/26 blir 344 MW för en vardag och 162 MW för en helg.

I grunden görs samma antaganden för vintern 2025/26 som gjordes för vintern 2023/24 i kapitel 3.1.2.1. Dock antas andelen bilägare som flyttar sin laddning bort ifrån höglasttimmarna öka till 30%, jämfört med 20% 2023. Antagandet baseras på att 37% har angett sig vara villiga att ändra sitt beteende, kombinerat med att alla som är villiga av olika anledningar inte kommer göra det eller specifikt för elbilsladdning, varför ett något konservativt antagande har gjorts.

Andelen som gör det själva antingen som en konsekvens av högt elpris eller av välvilja (implicit flexibilitet) antas vara precis som vintern 2023 ca. 50%. Detta antagande baseras på samma sätt som en kombination av att 6% har timpris och 17% anger att de har flyttat elanvändning såsom laddning av BEV. Detta antas betyda att en dryg tredjedel av de som ändrat sitt beteende har gjort det på grund av elpriserna. En något mindre andel antas göra det utan ekonomisk vinning för att till exempel minsta risken för styrda strömavbrott som en konsekvens av effektbrist, vilket gör att den totala implicita delen uppskattas till 50%. Andelen som gör det via företag som erbjuder flexibilitets tjänster för elbilsägare (explicit flexibilitet) antas således vara den resterande delen, det vill säga 50% av de som antas flytta sin laddning (50% av 30%).

Av de som tillhör de 30 procenten som antas ändra sitt laddbeteende för vintern 2025/26 antas 50% vara tillgängliga under varje specifik timme. Resterande andel antas inte kunna bidra med flexibilitet på grund av anledningar såsom för låg laddnivå eller för kort tid tills nästa körning.

Samtliga av de ovan beskrivna antagandena antas gälla både för veckodagar och helgdagar.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen för G2V under vintern 2025/26 presenteras med faktan och antagandena ovan i Tabell 30.

Tabell 30: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2025/26 från G2V.

	Vardag		Helgdag	
	Implicit	Explicit	Implicit	Explicit
Teknisk maxpotential under höglasttimmarna (kl. 16-20)	344 MW		162 MW	
Andel bilägare som kommer flytta laddning till andra timmar än höglasttimmarna	30%		30%	
Andel av de som flyttar laddning av elbil som gör det pga avtal med elbolag	N/A	50%	N/A	50%
Andel av de som flyttar laddning av elbil som gör det pga elpris	35%	N/A	35%	N/A

Andel av de som flyttar laddning av elbil som gör det pga välvilja	15%	N/A	15%	N/A
Andel av de som flyttar laddning av elbil som är tillgänglig för flexibilitet under höglast	50%		50%	
Total realiserbar flexibilitetspotential	25,8 MW	25,8 MW	12,2 MW	12,2 MW

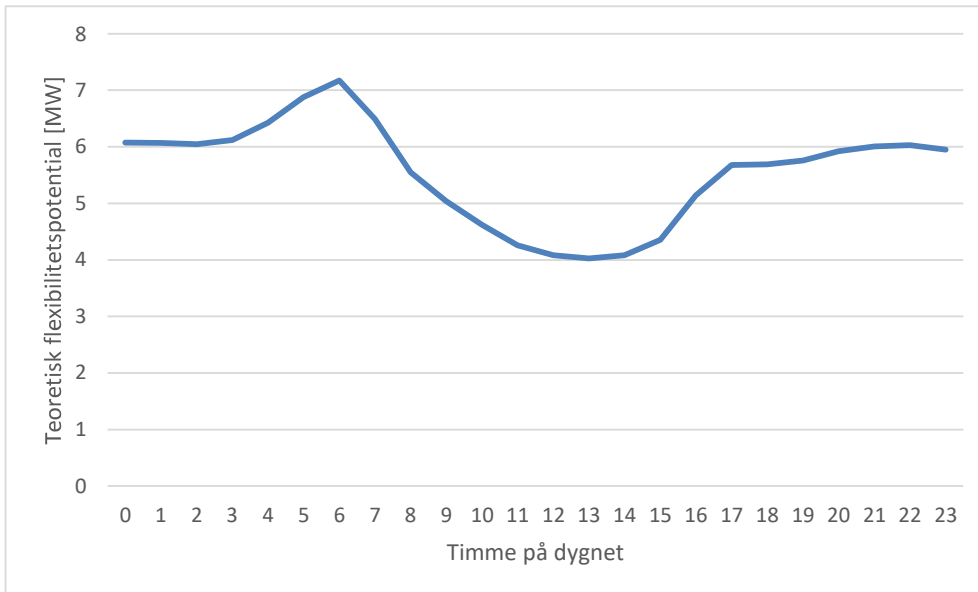
Totalt för en vardag kan det från tabellen utläsas att knappt 52 MW (25,8 + 25,8 MW) anses realiserbart under vintern 2025/26. Motsvarande siffra för en helg blir drygt 24 MW (12,2 + 12,2 MW).

4.1.2.2 V2G

Profilen i Figur 3 för vintern 2025/26 kan kombineras med andelen elfordon som teoretiskt kan stödja V2G för att ge profilen för andelen fordon med stöd för funktionen, är parkerade och inkopplade till en laddare. Slutligen kan denna nya profil kombineras med det totala antalet elfordon och laddningseffekten för att ta fram den tekniska maximala flexibilitetspotentialen för V2G för vintern 2025/26. För denna rapport antas att urladdning kan ske med samma effekt som antagits för G2V, det vill säga 3,7 kW.

För vintern 2025/26 förväntas andelen bilar med CHAdeMO-laddare ha minskat (även om det absoluta antalet skulle kunna förbli detsamma) eftersom CCS är ett krav på elbilar som säljs inom EU, och privatpersoners import av elbilar från regioner utan krav på CCS antas inte ske i någon större utsträckning. Således antas att i princip all nya bilar kommer ha CCS-uttag, och i takt med att det totala antalet elbilar ökar, blir andelen med CHAdeMO-uttag lägre. Under 2025 planeras även uppdateringen av CCS standarden att färdigställas för att inkludera V2G funktionen. För att realisera detta behövs dock även ändringar i lagar och standarder på nätsidan, samt uppdateringar av mjukvara i både elbilar och laddare, vilket inte antas ske direkt, även om standarden blir färdig i tid. För nya bilar och laddare som säljs efter uppdateringen är det troligare att funktionen kommer finnas implementerad, men inte alltid. En uppskattning är att den totala andelen bilar med CHAdeMO eller CCS laddare med funktionen implementerad kommer ligga på ungefär samma nivå som andelen CHAdeMO laddare idag, det vill säga ca 5%.

Med denna information kan dygnsprofilen för V2G för vintern 2025/26 tas fram, vilken presenteras i Figur 10 nedan.



Figur 10: Teknisk maximal flexibilitetspotential för V2G funktionen för vintern 2025/26.

I grunden görs som beskrivits ovan samma antagande för vintern 2025/26 som gjordes för vintern 2023/24 i kapitel 3.1.2.2.

För vintern 2025/26 antas andelen elbilar med CHAdeMO-uttag motsvara som mest 4% medan minst 90% kommer ha typ 2/CCS. Andelen av de 90% med typ 2/CCS uttag som kommer stödja V2G antas vara väldigt låg och i denna rapport görs valet att anta 0%, eftersom de krävda uppdateringarna på befintliga produkter inte kommer hinna

implementeras och nya produkter i bästa fall i bara väldigt liten mängd kommer hinna ut på marknaden. För CHAdeMO antas denna siffra vara 100%, men eftersom andra krav och standarder inte förväntas vara redo kommer denna siffra likväl antas vara 0% även om potentialen finns. Tjänster som stödjer V2G kan antas ha kommit i begränsad skala. Av de elbilar som teoretiskt kan utnyttja V2G funktionen antas 10% göra det vintern 2025/26.

För vintern 2025/26 presenteras beräkningarna för V2G i Tabell 31 nedan.

Tabell 31: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2025/26 från V2G.

	Explicit
Teknisk maxpotential under ett dygn (kl. 0-24)	5,9 MW
Andel bilägare med CCS/Typ 2 uttag och laddare	90%
Andel av dessa med stöd för V2G	0%
Andel bilägare med CHAdeMO uttag och laddare	4%
Andel av dessa med stöd för V2G	0%
Andel av alla som kan ha V2G som utnyttjar tjänsten	10%
Andel av de som kan erbjuda V2G som är tillgängliga under höglast	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	0 MW

4.2 Lagring

4.2.1.1 Batteri – stora anläggningar

Svk har gett en prognos över total kapacitet i stora batterianläggningar i Sverige år 2035 för fyra olika scenarier. Tre av dessa anger 1 GWh och en anger 5 GWh år 2035 (Svenska kraftnät, 2021). Från prognosen i kombination med batterilagerna i Tabell 13 är det möjligt att uppskatta kapaciteten för vintern 2025/26 och med samma snittkapacitet som tidigare även beräkna den totala installerade effekten. Med antagandet 1 GWh år 2035 fås för vintern 2025/26 475 MW och 0,68 GWh, medan för antagandet 5 GWh fås 553 MW och 0,792 GWh för samma vinter.

I brist på totalt täckande information om stora batterianläggningar antas de funna storskaliga batterianläggningarna tillsammans med uppskattningen baserad på prognosen från SvK motsvara den totala mängden i Sverige vintern 2025/26. Den verkliga siffran kan komma att bli större, men i denna rapport används de framtagna siffrorna som en mer konservativ uppskattning.

Av de storskaliga batterianläggningarna antas 70% kunna erbjuda flexibilitet och ha de specifika avtal (explicit flexibilitet) som krävs för att ha tjänsten på plats. Andelen av den totala effekten som antas vara tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasttimmarna är 50%.

Viktigt att notera är att den flexibilitet som batterierna kan erbjuda enligt antagandena ovan redan idag förutsätts användas. Det finns således ingen extra flexibilitet utöver från de nya batterierna som byggs fram till vintern 2025/26.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från storskaliga batterianläggningar under vintern 2025/26 presenteras med fakta och antagandena ovan i Tabell 32.

Tabell 32: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2025/26 från storskaliga batterianläggningar.

	Explicit
Teknisk maxpotential	475-553 MW
Andel stora batterianläggningar som kan användas för flexibilitet	70%
Andel stora batterianläggningar som är tillgängliga för flexibilitet under höglasttimmarna	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	166–194 MW

4.2.1.2 Batteri – batterier kopplade till privata solcellsanläggningar

För vintern 2025/26 används prognosen för 2025 i Tabell 14, det vill säga 3 270 MW för alla fyra scenarier.

I brist på prognoser över utvecklingen av storlek per installation och andel installationer som är mindre än 20 kW, görs i denna rapport samma antagande som för vintern 2023/24 att effekten per installation kommer ligga på 10 kW och andelen som är <20 kW kommer ligga på 50% för vintern 2025/26.

Med data och beräkningar enligt ovan kan antalet solcellsanläggningar på mindre än 20 kW uppskattas för vintern 2025/26. Detta presenteras i Tabell 16 nedan tillsammans med vintern 2023/24 som jämförelse.

Tabell 33: Uppskattat antal solcellsanläggningar på <20 kW.

År	Antal anläggningar <20 kW			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	116 640	116 640	111 240	103 200
2025	163 500	163 500	163 500	163 500

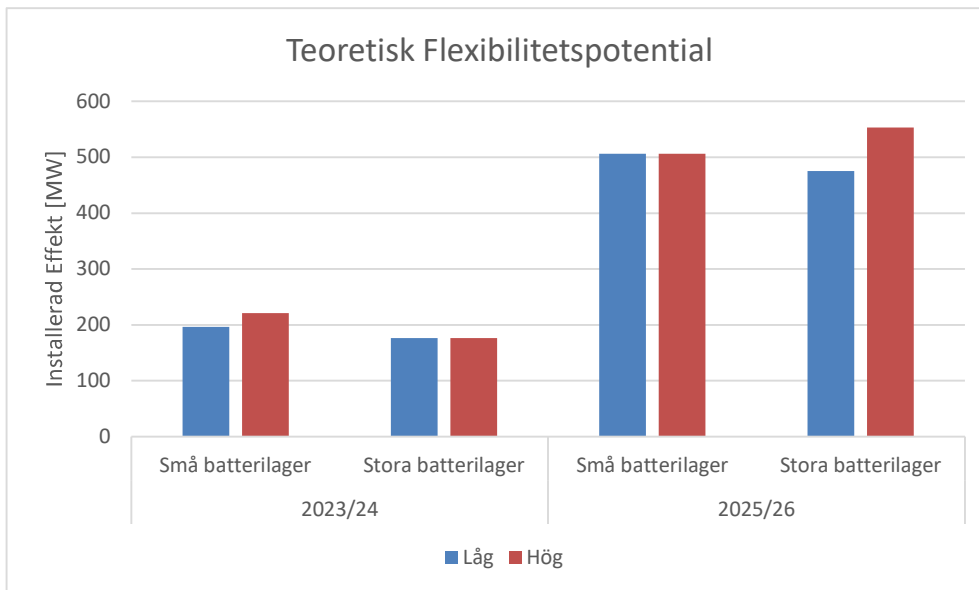
Som beskrivits tidigare har den totala andelen solcellsanläggningar med batterier ökat, vilket har skett nästan lineärt. Med antagandet att andelen kommer fortsätta öka lineärt, kommer andelen ha vuxit till drygt 44% till årsskiftet 2025/26. Även om denna uppskattning är osäker anses den inte orimlig eftersom det förväntas att en allt större andel av nya solcellsanläggningar kommer inkludera ett batterilager, och en del ägare till äldre anläggningar troligtvis kommer köpa till ett batteri i ett senare skede.

I kombination med tidigare uppskattning av antalet privata solcellsanläggningar i slutet 2025 kan antalet privata batterier vid samma tidpunkt uppskattas. Baserat på batterier på marknaden för privata solcellsanläggningar är en uppskattning att snitteffekten kommer ligga på 7 kW för vintern 2025/26. Genom att kombinera dessa uppskattningar med antalet solcellsanläggningar kan antalet hushåll med batteri samt total installerad effekt beräknas, vilket visas i Tabell 34 nedan tillsammans med vintern 2023/24 som jämförelse.

Tabell 34: Antal batterier kopplade till solceller på hus samt total installerad effekt för slutet av 2023 respektive 2025.

År	Antal batterier			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	31 609	31 609	30 146	27 967
2025	72 267	72 267	72 267	72 267
År	Installerad effekt [MW]			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	222	222	212	196
2025	506	506	506	506

Totalt är den tekniska flexibilitetspotentialen från batterier vintern 2025/26 475 - 553 MW från storskaliga batterier och 506 MW från batterier i privata solcellsanläggningar. Totalt blir detta 981 - 1 059 MW. Resultaten presenteras i Figur 11.



Figur 11: Teknisk flexibilitetspotential för små och stora batterilager för vintern 2025/26.

Det finns idag företag som erbjuder flexibilitetsjänster (explicit flexibilitet) till kunder med privatägda batterier, till exempel Kraftthem (Kraftthem, 2021). Det är dock inte känt hur många kunder detta eller andra företag med liknande tjänster har, eller hur det kommer utvecklas inom de närmsta åren. Privata batterier antas vanligtvis inte styras för flexibilitet utan snarare för ekonomiska fördelar för kunden genom att till exempel ladda batteriet när elen är billig, och använda den lagrade energin när elen är dyr.

Andelen batterianläggningar som erbjuder kapacitet för flexibilitet via specifika avtal antas för vintern 2025/26 bli vanligare jämfört med vintern 2023/24, men fortfarande låg. Ett antagande är att 10% av alla batterier kommer vara kopplade till en sådan tjänst. Detta betyder att samma andel av den totala installerade effekten är tillgänglig för flexibilitet via specifika tjänster. Antagandet baseras inte på någon prognos, utan endast på att tjänsten antas ha blivit tillgänglig till denna vinter, men inte användas i någon större utsträckning än.

Av den mängd som antas ha ett avtal för flexibilitet för sina batterier, antas andelen effekt som är tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasttimmarna vara 50%.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från privatägda batterier under vintern 2025/26 presenteras med fakta och antagandena i Tabell 35.

Tabell 35: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2025/26 från privatägda batterier.

	Explicit
Teknisk maxpotential	506 MW
Andel privata batterier som kan användas för flexibilitet	10%
Andel privata batterier som är tillgängliga för flexibilitet under höglasttimmarna	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	25,3 MW

4.2.1.3 Pumpkraftverk

Inga nya pumpkraftverk planeras att tas i drift fram till vintern 2025/26 enligt vad som är känt. För vintern 2025/26 görs således samma antagande som för vintern 2023/24 i kapitel 3.2.1.3.

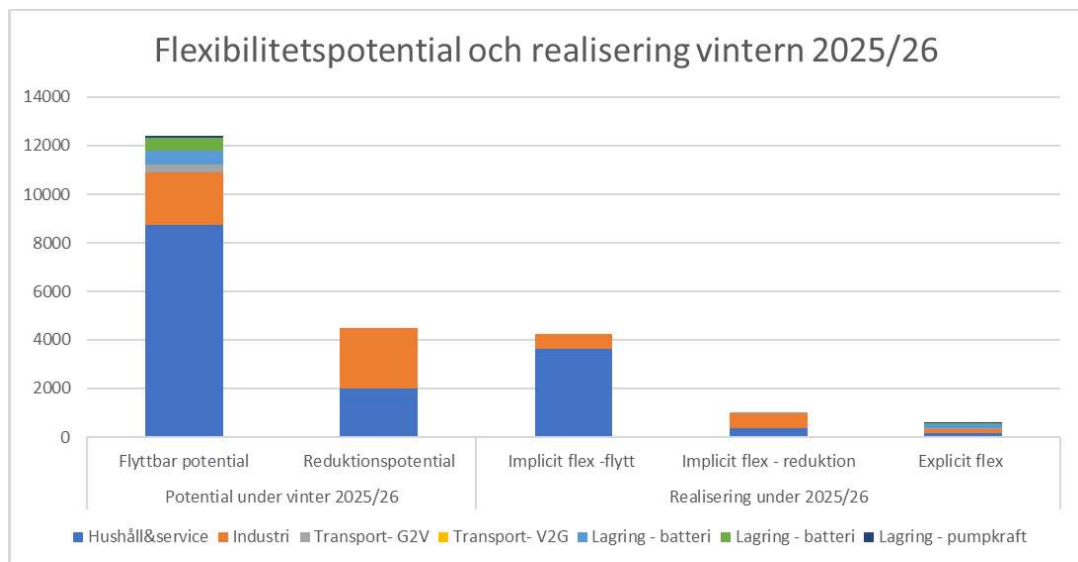
Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från privatägda batterier under vintern 2025/26 blir därför samma som för vintern 2023/24, det vill säga 32 MW.

4.3 Sammanfattning

Den totala mängden potential och realisering under vintern 2025/26 presenteras i tabellen nedan. Hushålls- och tjänstesektorn har den största flexibilitetspotentialen, särskilt när det gäller flyttbar flexibilitet. Detta är tack vare värmebehovet i dessa sektorer. Realisering är mycket mindre jämfört med potentialen. Detta beror på att flexibilitetsmarknaderna fortfarande befinner sig i en tidig fas och kunskapen om lastflyttning/laststyrning antas vara fortsatt begränsad under vintern 2025/26.

Tabell 36: Den tekniska flexibilitetspotentialen och realisering under vintern 2025/26.

Sektor	Teknisk flexibilitetspotential		Realisering av flexibilitet		
	Flyttbar potential (MW)	Reduktionspotential (MW)	Implicit flexibilitet - flytt (MW)	Implicit flexibilitet - reduction (MW)	Explicit flexibilitet (MW)
Hushåll och service	8 740	2 000	3 636	363	184
Industri	2 154	2 493	614	632	144
Transport- G2V	344	-	-	26	26
Transport-V2G	7				
Lagring - batteri ⁸	553	-	-	-	194
Lagring - batteri ⁹	506	-	-	-	25
Lagring - pumpkraft	92	-	-	-	32
Summa	12 396	4 493	4 250	1 021	604



Figur 12: Flexibilitetspotential och realisering vintern 2025/26

⁸ Stora anläggningar

⁹ Private soceller med batteri

5 POTENTIALEN SOM KAN REALISERAS VINTERN 2030/31

Tekniken inom lasthantering och service till efterfrågeflexibilitet kommer att utvecklas ytterligare till år 2030. Därför förväntar vi oss att belastningsprofilen för vissa sektorer, särskilt hushåll och service, kommer att se annorlunda ut 2030 jämfört med idag. Som det förklarats tidigare beräknas flexibilitetspotentialen från belastningsprofilen under det specifika året och vi analyserar sedan hur mycket som är möjligt att avvika från den profilen.

Olika myndigheter arbetar med att främja och realisera potentialen för flexibilitet i elsystemet, till exempel fortsätta att förbättra utformningen av flexibilitetsmarknader, flexiblare avtal och tariffutformning. Det är svårt att förutsäga hur flexibiliteten kommer att realiseras 2030. Därför skiljer vi i följande analys inte implicit flexibilitet och explicit flexibilitet.

5.1 Hushåll, service

Vi fokuserar på värmepumpar i småhus och ventilation och uppvärmning inom servicesektorn på grund av att de har större potential jämför med andra resurser inom samma sektor.

5.1.1 Värmepumpar

Vi antar att de flesta av smarta VP:ar kommer att undvika att använda sin fulla effekt under de förväntade topplasttimmarna. Vi analyserar två scenarier, det ena är måttlig penetration på smart VP, där antar vi 30% mindre förbrukning från VP 2030 jämfört med den genomsnittliga VP-förbrukningen per timme 2023 under en potentiell topplasttimme. Den andra är aggressiv penetration av smart VP, där antar vi 50% mindre förbrukning från VP 2030 jämfört med den genomsnittliga VP-förbrukningen per timme 2023 under en potentiell topplasttimme.

Vi antar att antalet VP är detsamma 2030 jämfört med 2023, och genomsnittlig installerad kapacitet för VP är 8 kW. Vi använder samma antagande som tidigare att den under en drifttimme använder 60% av sin installerade kapacitet, 75% av dess effekt går till luftuppvärmning. I det måttliga penetrationsscenarioet finns det 70% av VP som inte är smarta, det vill säga de förbrukar fortfarande under topplasttimmarna. Dessa mindre smarta VP har potential att flytta eller minska sin konsumtion. Den flyttbara potentialen blir $4\,916\text{ MW} = 15\,602\text{ antal VP} * 8\text{ kW installerad kapacitet} * 60\% \text{ utnyttjandegrad} * 75\% \text{ för luftuppvärmning} * 70\% \text{ andel av mindre smart VP}$. Reduktionspotential blir $1\,247\text{ MW} = (1\,782\text{ MW reduktionspotential från luftuppvärmning år 2025} * 70\%)$. Med samma metod blir den flyttbara potentialen i det aggressiva scenariot $3\,511\text{ MW}$ och reduktionspotential 891 MW .

För andra enheter som kylskåp, tvättmaskin och diskmaskin antar vi att utvecklingen av flexibilitet är långsammare än VP. Detta beror på att för närvarande har mycket mindre fokus på flexibilitet varit på dessa enheter, men mer fokus har i stället varit på energieffektivisering (Rodrigues, et al., 2022). Tekniken finns, men det finns andra hinder som måste undanröjas innan laststyrning på dessa enheter kan bli vanlig. Därför antar vi att potentialen från dessa enheter kommer att minska med 10% jämfört med den potential som uppskattas 2023. Därför blir den flyttbara potentialen 508 MW vintern 2030.

5.1.2 Service

Vi antar att nya byggnader från 2020 kommer att ha någon smart styrenhet på plats eller att den enkelt kan anpassas för en smart styralgoritm. Enligt tillväxten av den totala uppvärmda ytan i lokaler i Sverige under de senaste 15 åren kommer de uppvärmda ytorna i de nya byggnaderna att stå för cirka 10% av den totala uppvärmda ytan i lokaler 2030 (Energimyndigheten, 2022). Vi använder samma scenariotänkande som för VP. Vi antar att i ett måttligt smart funktionspenetrationsscenario kommer 10% av förbrukningen under toppbelastningstimmar 2023 att flytta till andra timmar eller minskas. Därför minskar flexibilitetspotentialen med 10 procent till 2030 jämfört med 2023. Den totala flyttbara flexibiliteten under toppbelastningstimmar blir $864\text{ MW} = 960 * (1 - 10\%)$ och reduktionspotentialen blir $43 = 48 * (1 - 10\%) \text{ MW}$. Vi antar att i ett aggressivt scenario med smart funktionspenetration kommer 30% av förbrukningen under toppbelastningstimmar 2023 att flytta till andra timmar eller minskas. Därför minskar flexibilitetspotentialen med 30% till 2030 jämfört med 2023. Den totala flyttbara flexibiliteten under toppbelastningstimmar blir $672\text{ MW} = 960 * (1 - 30\%)$ och reduktionspotentialen blir $34 = 48 * (1 - 30\%) \text{ MW}$.

Tabell 37: Flexibilitetspotential inom hushåll och service vintern 2030/31.

Sektor	Flexibla resurser	Flyttbar potential vintern 2025/26 (MW)	Reduktionspotential vintern 2025/26 (MW)	Flyttbar potential vintern 2030/31(MW) - scenario 1	Flyttbar potential vintern 2030/31(MW) - scenario 2	Reduktionspotential vintern 2030/31(MW) - scenario 1	Reduktionspotential vintern 2030/31(MW) - scenario 2
Hushåll-småhus	Uppvärmning - luft	7 022	1 782	4 916	3 511	1 247	891
Service	Ventilation och uppvärmning	960	48	864	672	43	34

5.2 Industri

I flexibilitetsuppskattning för 2030 fokuserar vi på pappersindustrin och nya branscher som datacenter och vätgasproduktion. Flexibilitetspotentialen från andra traditionella branscher, t.ex aluminium och kemiindustri antas vara försumbar på grund av teknikutvecklingen och flexibilitetstjänstutvecklingen.

5.2.1 Papper och massa

Den mekaniska massaproduktionen förväntas fortsätta minska i Sverige och det sker även en energieffektivisering inom denna industrisektor (Energimyndigheten, 2021). Vi har inte tillräckligt med information för att tro att detta kommer att hända före 2030, och därför antar vi att flexibilitetspotential från denna sektor kan vara mellan 0 – 1 030 MW vintern 2030/31.

5.2.2 Datacenter

Datacenter kan vara flexibla med 25% av sin elanvändning utöver de 10% som kommer från ventilationssystem enligt en studie i Danmark¹⁰ (Clausen, et al., 2014). Enligt en senare statistik är dock energianvändning i datacenter nästan oberoende av beräkningslast eller internettrafiken (IEA, 2022). Med tanke på att effektiviseringar och tekniksprång i datacenterbranschen, kommer datacenter att optimera sin elanvändning och potentialen för att vara flexibel kommer att vara försumbar.

5.2.3 Vätgas

Enligt SVK:s LMA kan elförbrukningen från vätgasproduktionen variera mellan 8 TWh och 16 TWh år 2030. Detta beror på osäkerheter kring industrietableringen. Med samma antaganden om drifttimmar på elektrolysörer som år 2025 beräknar vi att den totala installerade kapaciteten på elektrolysörer är mellan 1 522 och 3 044 MW. Vi antar att vätgasproducenterna kommer att börja fundera på hur de kan få extra intäkter från sin flexibilitet. Vi använder samma scenariotänkande som för VP. Vi antar att i ett måttligt flexibelt scenario kommer 30% av förbrukningen under toppbelastningstimmar 2023 att flyttas till andra timmar eller minskas. Vi antar att i ett aggressivt flexibelt scenario kommer 50% av förbrukningen i toppbelastningstimmar 2023 att flyttas till andra timmar eller minskas. Därför uppskattas flexibilitetspotentialen från vätgasproduktionen till mellan 533 MW och 1 492 MW. $533 \text{ MW} = 1\,522 * (80\% - 10\%) * (1 - 50\%)$. Flexibilitet av vätgasproduktion kommer från vätgaslagring, och därför är flyttbar flexibilitet samma som reduktionsflexibilitet.

Tabell 38: Flexibilitetspotential inom industri vintern 2030/31.

Sektor	Flexibla resurser	Flyttbar potential vintern 2030/31(MW) - scenario 1	Flyttbar potential vintern 2030/31(MW) - scenario 2	Reduktionspotential vintern 2030/31(MW) - scenario 1	Reduktionspotential vintern 2030/31(MW) - scenario 2
Industri	Papper och massa	0	1 030	0	1 030
Industri	Vätgasproduktion	533	1 492	533	1 492

¹⁰ Datacenter tekniken i Sverige kommer att följa den globala utvecklingen. Ventilationsbehovet i Danmark antas liknande som i Sverige.

5.3 Realisering av flexibilitet inom hushåll och industri

Vi använder samma metod som för år 2023/24 för att uppskatta realiseringen av implicit flexibilitet. Vi antar att andelen timprisavtal kan öka till 60% med tanke på fler insatser från myndigheterna när det gäller kunskapskampanj och ökad medvetenhet från allmänheten om deras val för att minska elkostnaderna. Vi förutsätter att 90% av dem skulle reagera på prissignaler. Givet flyttningspotentialen från hushållen, kan ungefär 2 928 MW – 4 402 MW flyttbar potential realiserars. Givet reduktionspotentialen från hushållen, kan ungefär 386 MW – 538 MW reduktionspotential realiserars.

Den totala flexibilitetspotentialen från industrisektorn kommer främst från vätgasproduktion. Vi antar att 50% av alla anläggningar kan ge sin flexibilitet under topplaststimmarna på grund av högt elpris. Givet flexibilitetspotentialen från industrin, kan ungefär 267 MW – 1 261 MW flyttbar potential eller reduktionspotential realiserars

Tabell 39: Teknisk potential och realisering av flexibilitet inom hushåll och industri vintern 2030/31.

	Teknisk flexibilitetspotential		Realisering av flexibilitet	
	Flyttbar potential (MW)	Reduktionspotential (MW)	Realisering - flytt (MW)	Realisering – reduction (MW)
Vintern 2030/31				
Hushåll och service	4 183 – 6 288	552 - 768	2 928 – 4 402	386 - 538
Industri	533 – 2 522	533 – 2 522	267 – 1 261	267 – 1 261

5.4 Transport

5.4.1 G2V

För vintern 2030/31 baseras uppskattningen av flexibilitet på det totala förväntade energibehovet för laddning av elbilar år 2030, vilket enligt Tabell 40 är knappt 4 150 GWh.

Tabell 40: Totalt energibehov för elbilar år 2030 (Svenska kraftnät, 2021).

Elområde	Total energi år 2030 [GWh]
SE1	160
SE2	325
SE3	2 747
SE4	917
Totalt	4 149

Eftersom laddningen antas vara jämn oberoende av timme och dag kommer ingen skillnad göras mellan vardag och helg. Den totala energimängden kan således divideras med antalet timmar på ett år (8 760) vilket ger en genomsnittlig laddeffekt under en timme på knappt 474 MW.

Vidare görs antagandet att en majoritet av bilägarna tillåter flexibel laddning, och i denna rapport uppskattas denna del till 75%, men inte högre eftersom flexibel laddning inte räknas vara en självklarhet än och en del bilägare inte alls kommer vara villiga eller ha rätt utrustning för funktionen.

Utöver detta antas två scenarier för andelen av de som tillåter flexibel laddning som kommer ha en tjänst som sköter detta helt automatiskt. Denna andel blir således en del av "baseline" för vintern 2030/31, och det är den resterande delen som kan räknas som tillgänglig flexibilitetspotential. De två scenarierna är att 30, respektive 50% är automatiskt, vilket innebär att 70 respektive 50% är tillgänglig för flexibilitet utanför "baseline".

Slutligen görs samma antagande som för de tidigare vintrarna, det vill säga att 50% av potentialen är tillgänglig under höglaststimmarna.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen för G2V under vintern 2030/31 baserat på faktan och antagandena ovan presenteras i Tabell 41 nedan.

Tabell 41: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2030/31 från G2V.

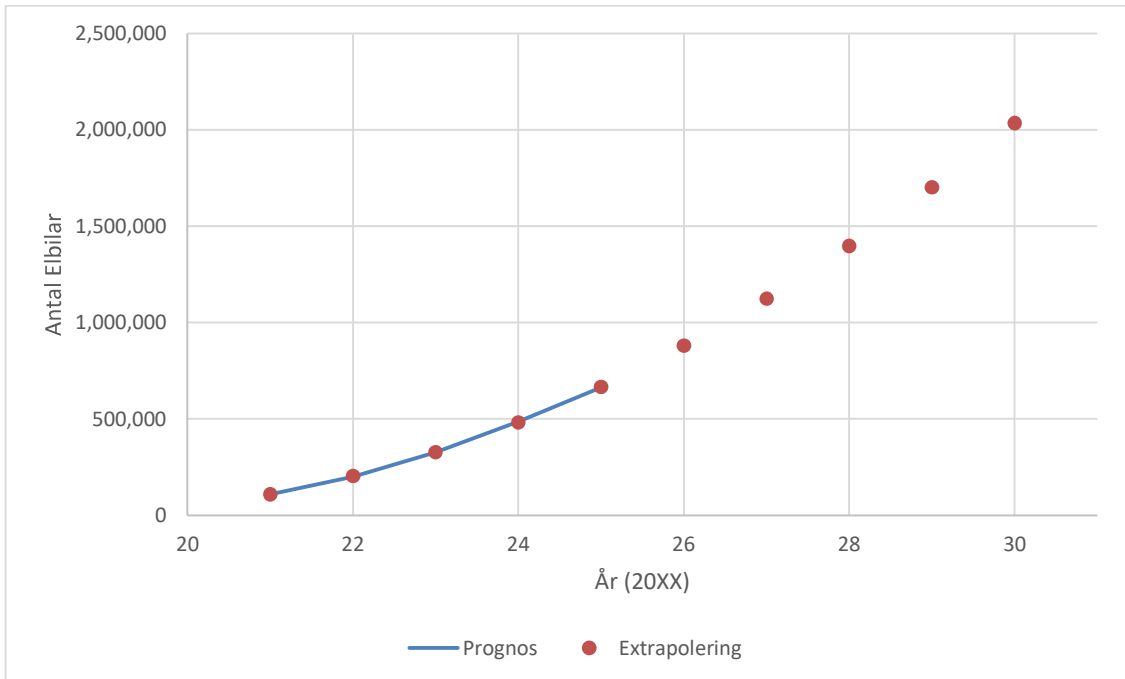
	Snittimme - min	Snittimme - max

Teknisk maxpotential under höglasstimmarna (kl. 16-20)	474 MW	474 MW
Andel av bilägarna som är villiga att flytta laddning	75%	75%
Andel av den flyttbara potentialen som inte är automatisk	50%	70%
Andel av de som flyttar laddning av elbil som är tillgänglig för flexibilitet under höglast	50%	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	88,8 MW	124,3 MW

Som tidigare nämnts gäller detta resultat för både helg och vardag, och eftersom det för vintern 2030/31 inte görs någon skillnad på implicit och explicit flexibilitet, blir således den totala realiserbara flexibilitetspotentialen knappt 89 MW för den lägre andelen manuell flexibilitet, och drygt 124 MW för den högre andelen manuell flexibilitet.

5.4.2 V2G

Gällande antalet elbilar i Sverige i slutet av 2030 så är det från prognosen i Tabell 11 möjligt att extrapolera antalet elbilar efter 2025, och för 2030 ger en sådan extrapolering 2 033 312 elbilar (se Figur 13). Denna uppskattning har sedan jämförts med en prognos från Energimyndigheten (Energimyndigheten, 2023), och resultatet är att uppskattningen och prognosen anses tillräckligt lika för att uppskattningen baserat på alltomelbils prognos ska kunna användas.



Figur 13: Prognos och extrapolering för antalet elbilar i Sverige.

Från prognosen och uppskattningen över antalet elbilar i slutet av år 2030 går det att beräkna att minst 67% av alla elbilar är sålda efter 2025. Detta är relevant på grund av det är först efter 2025 som det är möjligt att börja implementera V2G-funktionen. Även om en del äldre bilar troligtvis kommer uppdateras, kommer inte alla nya bilar efter 2025 ha funktionen implementerad. Sannolikt kommer det ta ytterligare något år innan det blir vanligare att elbilar stödjer V2G.

För 2030/31 har inte hela profilen i Figur 3 använts, då osäkerheten antas vara för stor och istället används endast det största värdet (4,4%) från höglasstimmarna (kl.16-20) för att ta fram en uppskattning av den tekniska potentialen.

Ett antagande görs om att motsvarande hälften av alla elbilar sålda efter 2025 kommer stödja funktionen, vilket ger att knappt 34% av alla elbilar i den svenska elbilsflottan stödjer V2G vintern 2030/31. Med detta resonemang och antagandet att den genomsnittliga laddeffekten fortsatt kommer ligga på runt 3,7 kW, kan den tekniska flexibilitetspotentialen för vintern 2030/31 beräknas till drygt 112 MW mellan kl.16-20.

Tjänster som stödjer V2G kan antas ha börjat komma, men fortfarande i begränsad skala. Av de elbilar som teoretiskt kan utnyttja V2G funktionen antas utan underlag 10% göra det vintern 2030/31.

För vintern 2030/31 presenteras beräkningarna för V2G i Tabell 42 nedan.

Tabell 42: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2030/31 från V2G.

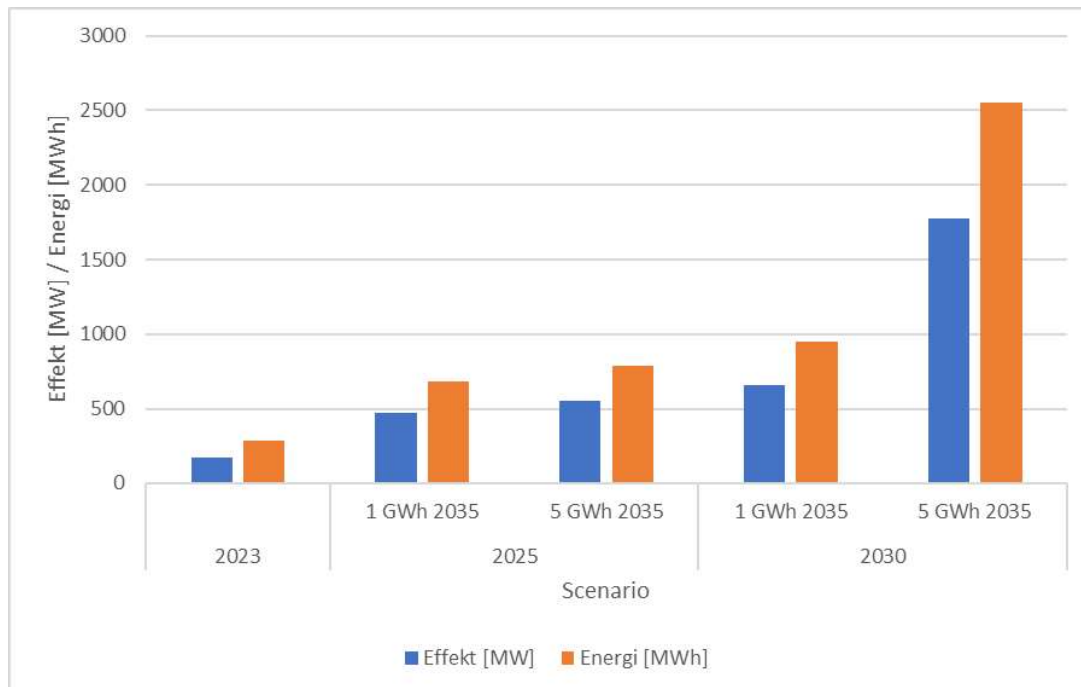
	Explicit
Teknisk maxpotential under höglasttimmarna (kl. 16-20)	112,4 MW
Andel av alla som kan ha V2G som utnyttjar tjänsten	10%
Andel av de som kan erbjuda V2G som är tillgängliga under höglast	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	6 MW

5.5 Lagring

5.5.1 Batteri – stora anläggningar

På samma sätt som i 4.2.1.1 så används Svks prognos över total kapacitet i stora batterianläggningar i Sverige år 2035 för fyra olika scenarier. Tre av dessa anger som tidigare nämnts 1 GWh och en anger 5 GWh år 2035. Från prognosen i kombination med batterilagerna i Tabell 13 är det möjligt att uppskatta kapaciteten för vintern 2030/31 och med samma snittkapacitet som tidigare (1,433 MW/MWh) även beräkna den totala installerade effekten. Med antagandet 1 GWh år 2035 fås för vintern 2030/31 663 MW och 0,95 GWh, medan för antagandet 5 GWh fås 1,78 MW och 2,55 GWh.

Samtliga effekt- och energinivåer som beräknats för de två olika scenarierna för de tre undersökta vintrarna visas i Figur 14 nedan.



Figur 14: Effekt- och energinivåer i energilagring för de tre vintrarna och de två olika prognoserna för 2035.

Baserat på kända anläggningar i drift och planerade anläggningar, samt prognoser för storskaliga batterier i Sverige enligt ovan antas den totala installerade effekten under vintern 2030/31 vara inom intervallet 663–1780 MW.

Av de storskaliga batterianläggningarna antas motsvarande 70% av effekten kunna erbjudas för flexibilitet, samt ha de specifika avtal (explicit flexibilitet) som krävs för att ha tjänsten på plats. Detta är ett antagande baserat på att dessa batterier borde kunna erbjuda flexibilitet, men att alla troligtvis inte gör det.

Andelen av den totala effekten som antas vara tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasstimmarna är 50%.

Viktigt att notera är att den flexibilitet som batterierna kan erbjuda enligt antagandena ovan redan idag förutsätts vara tillgänglig. Det finns således ingen extra flexibilitet utöver från de nya batterierna som byggs fram till vintern 2030/31 jämfört med vintern 2025/26.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från storskaliga batterianläggningar under vintern 2030/31 baserat på den fakta och antagandena ovan presenteras i Tabell 43.

Tabell 43: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2030/31 från storskaliga batterianläggningar.

	Explicit – min	Explicit – max
Teknisk maxpotential	663 MW	1 780 MW
Andel stora batterianläggningar som kan användas för flexibilitet	70%	70%
Andel stora batterianläggningar som är tillgängliga för flexibilitet under höglasstimmarna	50%	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	232 MW	623 MW

5.5.2 Batteri – batterier kopplade till privata solcellsanläggningar

För vintern 2030/31 används precis som tidigare prognosen direkt från Tabell 14.

I brist på prognoser över utvecklingen av storlek per solcellsinstallation och andel av dessa som är mindre än 20 kW, görs i denna rapport antagandet att effekten per installation kommer ligga på 10 kW och andelen som är <20 kW kommer ligga på 50% för vintern 2030/31.

Med data och beräkningar enligt ovan och tidigare kan antalet solcellsanläggningar på mindre än 20 kW uppskattas för vintern 2030/31. Detta presenteras tillsammans med de tidigare vintrarna som jämförelse, i Tabell 44 nedan.

Tabell 44: Uppskattat antal solcellsanläggningar på <20 kW.

År	Antal anläggningar <20 kW			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	116 640	116 640	111 240	103 200
2025	163 500	163 500	163 500	163 500
2030	270 500	270 500	315 500	382 500

Som beskrivits tidigare i rapporten har andelen solcellsanläggningar med batterier ökat, vilket har skett nästan linjärt. Med antagandet att andelen kommer fortsätta öka linjärt betyder det att till vintern 2030/31 kommer uppemot 87% av alla småskaliga solcellsanläggningar ha batteri. Även om denna uppskattning är högst osäker anses den inte orimlig eftersom det förväntas att nästan alla nya solcellsanläggningar kommer inkludera ett batterilager på sikt, och några ägare till äldre anläggningar troligtvis kommer köpa till ett i ett senare skede.

I kombination med tidigare uppskattning av antalet privata solcellsanläggningar i slutet av 2030 kan antalet privata batterier vid samma tidpunkter uppskattas. Baserat på batterier på marknaden för privata solcellsanläggningar är en uppskattning att snitteffekten fortsatt kommer ligga på 7 kW för vintern 2030/31. Genom att kombinera dessa uppskattningar med antalet solcellsanläggningar kan antalet hushåll med batteri och total installerad effekt beräknas, vilket visas i Tabell 45 nedan, med de tidigare vintrarna för jämförelse.

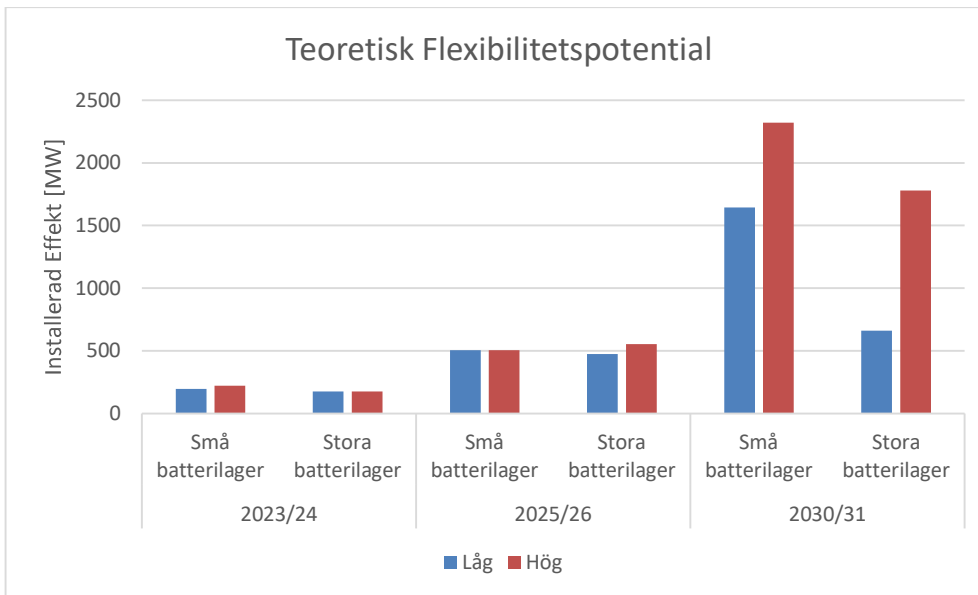
Tabell 45: Antal batterier kopplade till solceller på hus samt total installerad effekt för slutet av 2023 respektive 2025.

År	Antal batterier			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	31 609	31 609	30 146	27 967
2025	72 267	72 267	72 267	72 267
2030	234 794	234 794	273 854	332 010

År	Installerad effekt [MW]			
	Småskaligt Förnybart	Färdplaner mixat	Elektrifiering planerbart	Elektrifiering förnybart
2023	222	222	212	196
2025	506	506	506	506
2030	1 644	1 644	1 917	2 324

Totalt är den tekniska flexibilitetspotentialen (Installerad effekt i Tabell 45) från batterier vintern 2030/31 663 - 1 780 MW för storskaliga batterialger och 1 644 - 2 324 MW för småskaliga batterialger. Totalt blir det 2 307 - 4 104 MW.

Resultaten gällande teknisk flexibilitetspotential från stora och små batterialger för vintern 2030/31 presenteras i Figur 15, med låg och hög uppskattning där det är relevant. Precis som tidigare ska det noteras att all teknisk potential inte alltid är tillgänglig eller kan realiserats vilket beskrivs nedan där den troliga realiserbara flyttbara effekten tas fram och presenteras.



Figur 15: Teknisk flexibilitetspotential för små och stora batterialger för vintrarna 2023/24 och 2025/26.

Det finns redan idag företag som erbjuder flexibilitets tjänster (explicit flexibilitet) till kunder med privatägda batterier, till exempel Kraftthem (Kraftthem, 2021). Det är dock inte känt hur många kunder detta eller andra företag med liknande tjänster har, eller hur detta kommer utvecklas fram till slutet av 2030.

Privata batterier antas som standard inte styras för flexibilitet utan snarare för ekonomiska fördelar för kunden genom att till exempel ladda batteriet när elen är billig, och använda den lagrade energin när elen är dyr.

Andelen batterianläggningar som erbjuder kapacitet för flexibilitet via specifika avtal antas för vintern 2030/31 bli vanligare jämfört med de tidigare vintrarna, men fortfarande relativt låg. Ett antagande är att 25% av alla batterier kommer vara kopplade till en sådan tjänst. Detta betyder att samma andel av den totala installerade effekten är tillgänglig för flexibilitet via specifika tjänster. Antagandet baseras inte på någon prognos, utan endast på att tjänsten antas ha blivit relativt etablerad, men inte användas av en majoritet än.

Vidare antas två olika scenarier för andelen av de som har en flexibilitetsfunktion för sina batterier, och som kommer ha en tjänst som sköter detta helt automatiskt. Denna andel blir således en del av "baseline" för vintern 2030/31, och det är den resterande delen som kan räknas som tillgänglig flexibilitetspotential. De två scenarierna är att 75, respektive 90% är automatiskt, vilket innebär att 25 respektive 10% är tillgänglig för flexibilitet utanför "baseline"

Av den mängd som antas ha ett avtal för flexibilitet för sina batterier, antas andelen effekt som är tillgänglig för flexibilitet under en specifik timme under höglasttimmarna vara 50%.

Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från privatägda batterier under vintern 2030/31 baserat på fakten och antagandena ovan presenteras i Tabell 46.

Tabell 46: Total realiserbar flexibilitetspotential för vintern 2025/26 från privatägda batterier.

	Explicit - min	Explicit - max
Teknisk maxpotential	1 644 MW	2 324 MW
Andel privata batterier som kan användas för flexibilitet	25%	25%
Andel av den flyttbara potentialen som inte är automatisk	10%	25%
Andel privata batterier som är tillgängliga för flexibilitet under höglasttimmarna	50%	50%
Total realiserbar flexibilitetspotential	21 MW	73 MW

5.5.3 Pumpkraftverk

Inga nya pumpkraftverk planeras att tas i drift fram till vintern 2030/31 enligt vad som är känt. För vintern 2030/31 görs därför samma antagande som för vintern 2023/24 i kapitel 3.2.1.3.

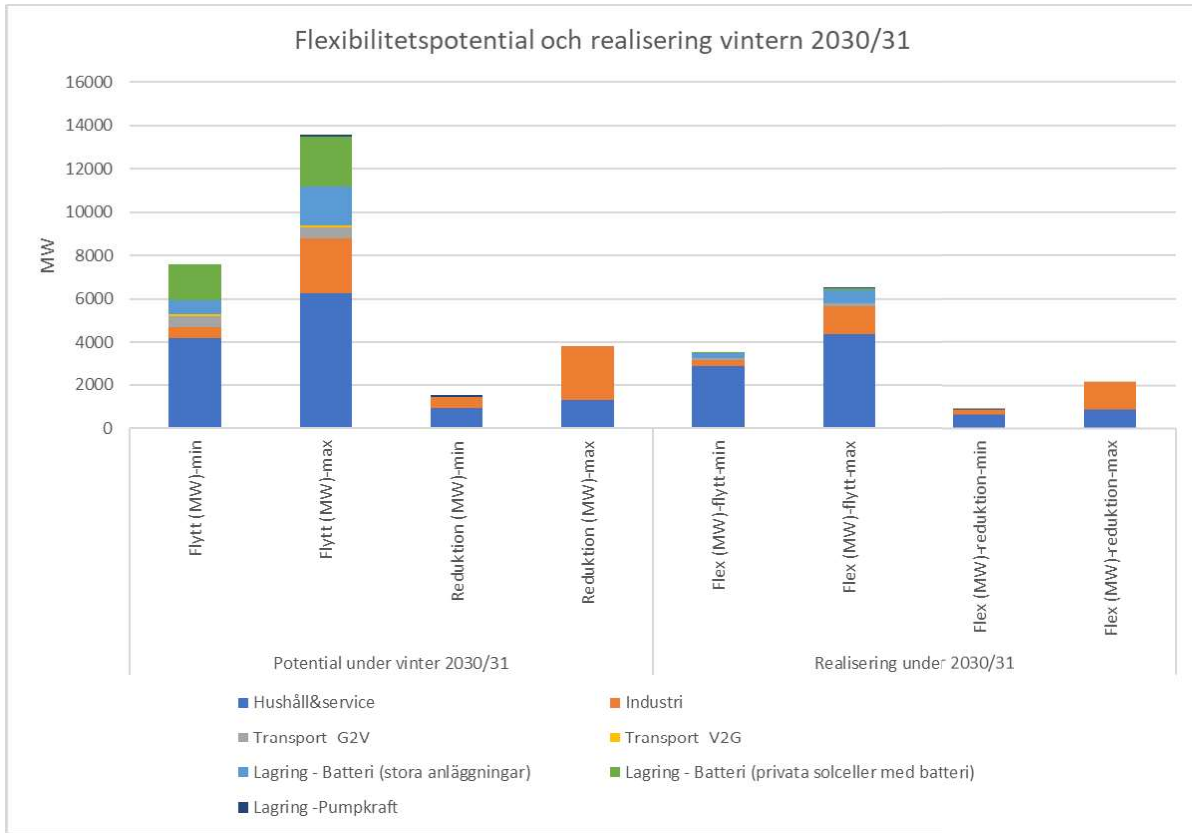
Den totala realiserbara flexibilitetspotentialen från pumpkraftverk under vintern 2030/31 blir samma som för vintern 2023/24 och 2025/26, det vill säga 32 MW.

5.6 Sammanfattning

En sammanställning av den antagna tekniska flexibilitetspotentialen och realisering för olika sektorer under vintern 2030/31 presenteras i följande tabell. Den resurs som kan tillhandahålla den största efterfrågeflexibiliteten är uppvärmningsresursen, och den näst största är batteri inom privata hus. Men när vi tittar på realiseringen från olika resurser är batteriets bidrag litet. Detta beror på antagandet att batteriet används eller optimeras av andra typer av signaler, till exempel elpris eller tariff, varför de kanske inte är tillgängliga när nätproblemet uppstår.

Tabell 47: Sammanställning av flexibilitetspotential och realisering under vintern 2030/31

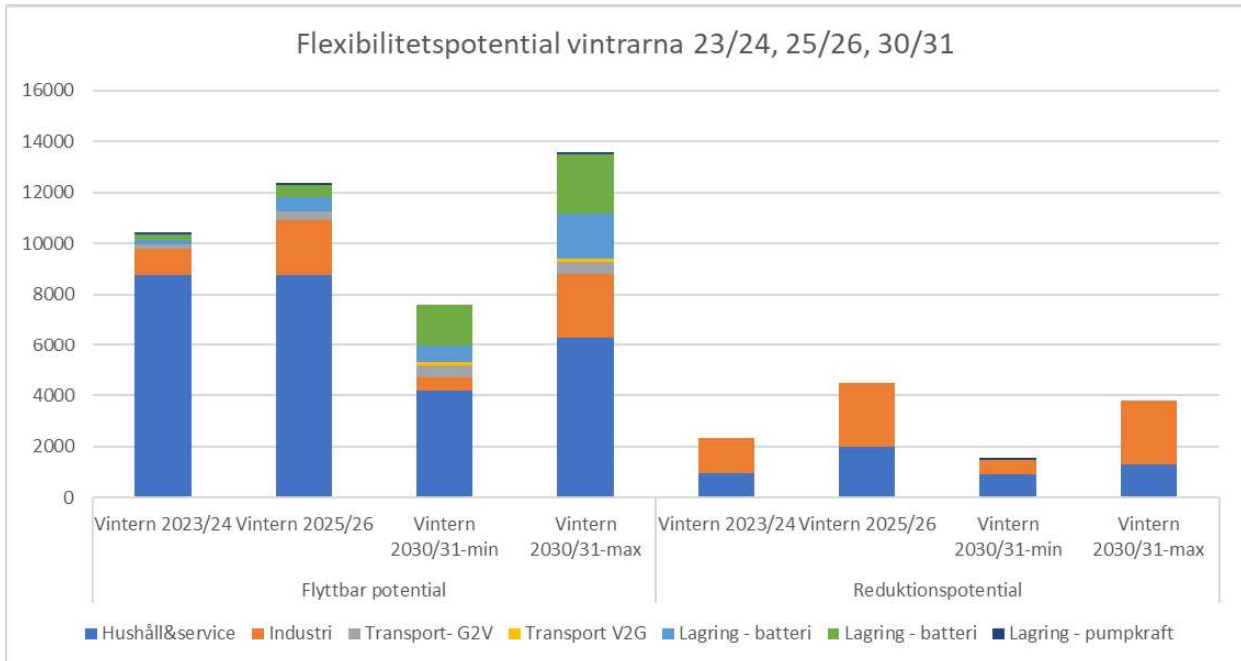
Sektor	Flexibla resurser	Potential under vintern 2030/31				Realisering under vintern 2030/31			
		Flytt (MW)-min	Flytt (MW)-max	Reduktion (MW)-min	Reduktion (MW)-max	Flex (MW)-flytt-min	Flex (MW)-flytt-max	Flex (MW)-reduktion-min	Flex (MW)-reduktion-max
Hushåll och service	uppvärmning, kylning, tvätt/disk, belysning, Ventilation	4 183	6 288	925	1 290	2 928	4 402	647	903
Industri	Vätgasproduktion	533	2 522	533	2 522	267	1 261	267	1 261
Transport	G2V	474	474	-	-	89	124	-	-
Transport	V2G	112	112	-	-	6	6	-	-
Lagring	Batteri (stora anläggningar)	663	1 779	-	-	232	623	-	-
Lagring	Batteri (privata solceller med batteri)	1 644	2 324	-	-	21	73	-	-
Lagring	Pumpkraft		92	92	-	-	32	32	-



Figur 16: Flexibilitetspotential och realisering under vintern 2030/31

6 SLUTSATS

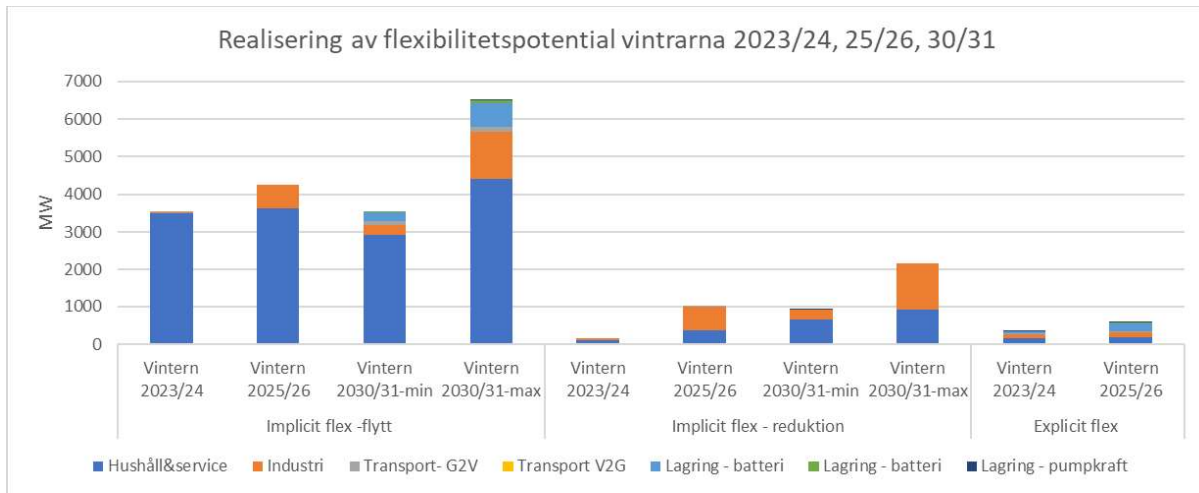
Flexibilitetspotentialen, som kategoriseras efter flyttbar potential och reduktionspotential, förväntas öka från 2023 till 2025, se Figur 17. Detta beror främst på antalet smarta enheter och smarta kontrollmöjligheter kommer öka. Ökningen drivs främst av de resurser som ger uppvärmning, och sedan av industrin och energilagringsanläggningar. Från figuren är det tydligt att det är för de flyttbara resurserna som potentialen är störst.



Figur 17: Flexibilitetspotential vintrarna 2023/24, 2025/26, 2030/31(-min, max), uppdelat i flyttbar potential och reduktionspotential.

Flexibiliteten år 2030 kan antingen öka eller minska jämfört med 2025-års nivå. Detta beror på osäkerheten gällande utgångsvärdet för konsumtionen 2030. Vi förväntar oss att de senaste årens höga elpris och medieexponeringen på efterfrågesidan kommer att få en del av elkonsumenterna att permanent ändra sina konsumtionsvanor (baseline) år 2030 ytterligare jämfört med år 2025. Samtidigt förväntar vi oss även att fler flexibla tjänsteleverantörer kommer att finnas tillgängliga och att en högre andel smarta enheter kommer att implementeras i alla sektorer, men till vilken grad är osäkert. Dessutom finns det inom vissa sektors prognoser intervall på utvecklingen, vilken också påverkar flexibilitetspotentialen. Av dessa anledningar representeras uppskattningen för år 2030 av ett intervall, -min till -max.

Figur 18 visar jämförelsen av realisering av flexibilitetspotential under de tre undersökta vintrarna. Implicit flexibilitet kategoriseras efter flyttbar last och reduktion, medan explicit flexibilitet är flexibilitet som förväntas vara tillgänglig på lokala flexibilitetsmarknader. Realisering av flexibilitet förväntas öka från 2023 till 2025. Detta drivs främst av ökningen av potentialen, speciellt inom industrisektorn. Osäkerheten ökar dock år 2030 på grund av osäkerheten i tillväxten av ny industri, till exempel vätgasproduktion, osäkerheten om det framtida konsumtionsmönstret (baseline) och utvecklingen av relevanta marknader för flexibilitet. Detta är den främsta anledningen till att vi inte separerade olika sätt att realisera flexibilitet 2030.



Figur 18: Realisering av flexibilitetspotential vintrarna 2023/24, 2025/26, 2030/31¹¹, uppdelat i Implicit flexibilitet - flytt, Implicit flexibilitet – reduktion, och explicit flexibilitet.

¹¹ Realisering av flexibilitet särskiljs inte som explicit eller implicit flexibilitet år 2030.

7 REFERENS

- AFRY, 2022. *AFRY medverkar i förstudie om återställande av Sveriges största pumpkraftverk*. [Online]
Available at: <https://afry.com/sv/nyhetsrum/nyheter/afry-medverkar-i-forstudie-om-aterstallande-av-sveriges-storsta-pumpkraftverk>
[Använd 19 Februari 2023].
- AFRY, 2022. *AFRY medverkar i förstudie om återställande av Sveriges största pumpkraftverk*. [Online]
Available at: <https://afry.com/sv/nyhetsrum/nyheter/afry-medverkar-i-forstudie-om-aterstallande-av-sveriges-storsta-pumpkraftverk>
[Använd 27 Februari 2023].
- alltomelbil, 2022. *Trafikanalys släpper prognos: 665 000 elbilar i Sverige år 2025*. [Online]
Available at: <https://alltomelbil.se/myndighetens-prognos-665-000-elbilar-i-sverige-ar-2025/>
[Använd 19 Februari 2023].
- Alterbeck, J., 2014. *Förbrukningsreduktion- ett alternativ till gasturbiner som snabb aktiv störningsreserv*, u.o.: u.n.
- Anon., 2020. *Global cement report*. [Online]
Available at: <https://www.cemnet.com/global-cement-report/country/sweden>
- ChargeFinder, 2013. *CHAdEMO laddare*. [Online]
Available at: <https://chargefinder.com/se/stats/charger/chademo>
[Använd 15 Februari 2013].
- Clausen, A., Ghatikar, G. & Jorgensen, B. N., 2014. *Load Management of Data Centers as Regulation Capacity in Denmark*. International Green Computing Conference, Dallas, TX, USA, doi: 10.1109/IGCC.2014.7039161..
- DNV, 2021. *Samhällsekonomska kostnader och nyttor av smarta elnät*, u.o.: u.n.
- Elbilsstatistik, 2023. *ELBILSSTATISTIK*. [Online]
Available at: <https://www.elbilsstatistik.se/elbilsstatistik>
[Använd 20 Februari 2023].
- Elbilsstatistik, 2023. *LADDINFRASTRUKTURSTATISTIK*. [Online]
Available at: <https://www.elbilsstatistik.se/laddinfrastrukturstatistik>
[Använd 16 Februari 2023].
- ElectricCarHome, 2023. *Charging Point Connector Type*. [Online]
Available at: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>
[Använd 15 Februari 2023].
- Energimarknadsinspektionen , 2023. *Effektpriser — vad innebär det för mig som konsument*. [Online]
Available at: <https://ei.se/konsument/el/effektpriser---vad-innebar-det-for-mig-som-konsument>
- Energimarknadsinspektionen, 2023. *Artikel 18 Villkor för leverantörer av balanstjänster och balansansvariga parter*. [Online]
Available at: <https://ei.se/bransch/eu-direktiv-och-forordningar/kommissionsforordningar-natkoder/balanshallning-avseende-el-eb/artikel-18-villkor-for-leverantorer-av-balanstjanster-och-balansansvariga-parter>
[Använd 11 February 2023].
- Energimarknadsinspektionen, 2023. *Batterienergilagring Sverige*, u.o.: u.n.
- Energimyndigheten , 2023. *Smart styrning av elanvändning*, u.o.: Statens energimyndighet.
- Energimyndigheten/Novus, 2022. *Småhusägare om energianvändning*, u.o.: Novus.
- Energimyndigheten, 2021. *Energistatistik för lokaler*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-lokaler/>
[Använd 2023].
- Energimyndigheten, 2021. *Energistatistik för småhus*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus/>
[Använd 2023].
- Energimyndigheten, 2021. *Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering*, u.o.: Statens energimyndighet.
- Energimyndigheten, 2022. *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus-flerbostadshus-och-lokaler/>
[Använd Mar 2023].
- Energimyndigheten, 2023. *Energimyndigheten Statistikdatabas*. [Online]
Available at: https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/EN0123_1.px?rxid=5e71cfb4-134c-4f1d-8fc5-15e530dd975c
[Använd 22 Mars 2023].
- Energimyndigheten, 2023. *LeveransNV transport*, u.o.: Tula Ekengren.
- Energinyheter, 2013. *Svensk reservkraft bör vara mer tillgänglig*. [Online]
Available at: <https://www.energinyheter.se/20190804/9199/svensk-reservkraft-bor-vara-mer-tillganglig>
[Använd 21 Februari 2023].

- Esmailnajak, S. & Sundquist, J., 2014. *Demand side management in Swedish Industry*, u.o.: Chalmers University of Technology.
- Forbes, 2021. *Every Automaker's EV Plans Through 2035 And Beyond*. [Online]
Available at: <https://www.forbes.com/wheels/news/automaker-ev-plans/>
[Använd 12 05 2023].
- Forestindustries, u.d. [Online]
Available at: <https://www.forestindustries.se/about-us/our-members/>
- fortum, 2023. *Eggsjöns kraftverk*. [Online]
Available at: <https://www.fortum.se/vara-vattenkraftverk/klaralven/eggsjons-kraftverk>
[Använd 27 Februari 2023].
- fortum, 2023. *Kymmens kraftverk*. [Online]
Available at: <https://www.fortum.se/vara-vattenkraftverk/norsalven/kymmens-kraftverk>
[Använd 27 Februari 2023].
- fortum, 2023. *Letstens kraftverk*. [Online]
Available at: <https://www.fortum.se/vara-vattenkraftverk/klaralven/letstens-kraftverk>
[Använd 27 Februari 2023].
- fortum, 2023. *Smartladdning*. [Online]
Available at: <https://www.fortum.se/privat/elavtal/tillaggstjanster/smartladdning>
[Använd 21 Februari 2023].
- Garney, E. & Kennerland, M., 2020. *Balansering av Sveriges elsystem år 2040 - en teknoekonomisk analys*, u.o.: Lunds Tekniska Högskola .
- Gils, H. C., 2014. Assessment of the theoretical demand response potential in Europe. *Energy*.
- greenly, 2023. *Smart elbilsladdning*. [Online]
Available at: <https://greenely.com/sv/smart-elbilsladdning/>
[Använd 21 Februari 2023].
- Hallman, J., 2022. *Tidningen Energi*. [Online]
Available at: <https://www.energi.se/artiklar/2022/augusti-2022/allt-fler-elkunder-valjer-timavtal/>
[Använd 11 Feb 2023].
- HemSol, 2022. *Solceller i Sverige: Statistik på Svensk Solinstrålning & Solenergi*. [Online]
Available at: <https://hemsol.se/solceller/solenergi/sverige-statistik/>
[Använd 19 02 2023].
- IEA, 2022. *Global trends in internet traffic, data centres workloads and data centre energy use, 2010-2020*. [Online]
Available at: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-trends-in-internet-traffic-data-centres-workloads-and-data-centre-energy-use-2010-2020>,
[Använd April 2023].
- InsideEVs, 2019. *CharIN: CCS Combo Standard To Offer V2G By 2025*. [Online]
Available at: <https://insideevs.com/news/342354/charin-ccs-combo-standard-to-offer-v2g-by-2025/>
[Använd 15 Februari 2023].
- Krafthem, 2021. *Krafthem driver ett virtuellt kraftverk*. [Online]
Available at: <https://vpp.krafthem.se/>
[Använd 20 Februari 2023].
- Lindahl, M., 2019. *Laststyrning av elbaserad uppvärmning och tappvarmvatten i småhus*, u.o.: RISE Research institutes of Sweden.
- Lindahl, M., 2019. *Laststyrning av elbaserad uppvärmning och tappvarmvatten i småhus*, u.o.: RISE Research Institutes of Sweden.
- Marinelli, M., Thingvad, A. & Calearo, L., 2020. *Across Continents Electric Vehicles Services Project: Final Report*, u.o.: Technical University of Denmark.
- Mökander, J., 2014. *Demand response in the future Swedish electricity market*, u.o.: Linköping Institute of Technology.
- Nilsson, M. & H. U., 2014. *Demand response in the Strategic Reserve*, u.o.: Elforsk.
- Öhrlund, I., Linne, Å. & Bartusch, C., 2019. Convenience before coins: Household responses to dual dynamic price signals and energy feedback in Sweden. *Energy Research & Social Science*.
- Paulus, M. & Borggreffe, F., 2011. The potential of demand-side management in energy-intensive industries for electricity markets in Germany. *Applied Energy*.
- Power Circle, 2021. *Vad är smart laddning?*. [Online]
Available at: <https://powercircle.org/smartladdning.pdf>
[Använd 15 Februari 2023].
- Power Circle, 2022. *Flexibilitet för ett mer stabilt och driftsäkert elsystem*, u.o.: Power Circle AB.
- Rodrigues, L. S. o.a., 2022. The load shifting potential of domestic refrigerators in smart grids: a comprehensive review. *Energies*.
- Ruwaida, Y., Etherden, N. & Hasson, K., 2022. *Final report of the Swedish Demonstration: Ten key abilities for DSO's to unlock flexibility*, u.o.: Coordinet.
- Ruwaida, Y., Larsson, M. W., Ersson, L. & Schumacher, L., 2022. *Sthlmflex säsong 2*, u.o.: Sthlmflex.
- Skatteverket, 2023. *Statistikportalen_Stöd_Grön_teknik*. [Online]
Available at:
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.skatteverket.se%2Fdownload%2F18.48cfd21>

[2185efbb440b1686%2F1675752468788%2FStatistikportalen_St%25C3%25B6d_Gr%25C3%25B6n_teknik.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](#)

[Använd 27 Februari 2023].

SKI Energi, 2022. *Svenskt kvalitetsindex*, u.o.: u.n.

SKVP, 2022. *Värmepumpsförsäljning*. [Online]

Available at: <https://skvp.se/statistik/varmepumpsforsaljning>

[Använd 2023].

Skytte, K., Bergaentzle, C., Fausto, F. J. & Gunkel, P. A., 2019. *Flexible Nordic Energy Systems - Summary report*, u.o.: u.n.

Solcellskollen, 2022. *Solcells- och batterimarknaden under 2021 — så mycket installerades (och ungefär så mycket kostade det)*. [Online]

Available at: <https://solcellskollen.se/blogg/solcells-och-batterimarknaden-under-2021-sa-mycket-installerades-och-ungefar-sa-mycket-kostade-det>

[Använd 19 Februari 2023].

Stockholms Handelskammare, 2020. *Elbilar på frammarsch – En prognos över framtidens fordonsflotta*, Stockholm: Stockholms Handelskammare.

Svenska kraftnät, 2021. *Långsiktig marknadsanalys 2021*, u.o.: Svenska kraftnät.

Svk, 2019. *Störningsreserven*. [Online]

Available at: <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/storningsreserven/>

[Använd 18 Feb 2023].

Svk, 2023. *Effektreserven för 2020-2025*. [Online]

Available at: <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/effektreserv/effektreserven-for-2020-2025/>

[Använd 18 Feb 2023].

Svt nyheter, 2021. *Rekorddyr el får fabriker att stänga ner*. [Online]

Available at: <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/rekorddyr-el-far-fabriker-att-stanga-ner>

[Använd 12 Maj 2023].

Sweco, 2022. *Kartläggning av lokala flexibilitetsmarknader*, u.o.: Sweco.

Taljegard, M., Göransson, L., Odenberger, M. & Johnsson, F., 2019. Impacts of electric vehicles on the electricity generation portfolio- A Scandinavian-German case study. *Applied Energy*.

THEMA Consulting Group, 2014. *Demand response in the Nordic electricity market*, u.o.: Norden.

tibber, 2023. *Ladda elbilen smartare*. [Online]

Available at: <https://tibber.com/se/smartladdning>

[Använd 20 Februari 2023].

Vattenfall, 2022. *Juktanpumpkraft i Sverige*. [Online]

Available at: <https://energiforsk.se/media/31755/juktans-pumpkraftverk-vad-a-r-pa-ga-ng-magnus-lo-vgren-vattenfall.pdf>

[Använd 27 Februari 2023].

Vattenfall, 2023. *Sillre*. [Online]

Available at: <https://powerplants.vattenfall.com/sv/sillre/>

[Använd 27 Februari 2023].

Wikipedia, 2022. *Pumpkraftverk*. [Online]

Available at: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Pumpkraftverk>

[Använd 19 Februari 2023].

Wikipedia, 2023. *CHAdEMO*. [Online]

Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdEMO>

[Använd 15 Februari 2023].

Zimmermann, J. P., 2009. *End-use metering campaign in 400 households in Sweden*, u.o.: Swedish Energy Agency.





Om DNV

DNV är en ledande global leverantör av tekniska och kommersiella rådgivningstjänster inom energisektorn. Företaget arbetar med aktörer längs hela värdekedjan med projekt inom bland annat produktion, transmission, distribution, lagring och förbrukning. DNV har med sina mer än 4000 globala energiexperter, en världsledande kompetens inom flertalet områden, däribland inom kraftsystem. Företaget anlitas regelbundet av bland annat myndigheter, nätbolag och teknikleverantörer för att lösa de mest utmanande frågeställningarna inom detta område.