

Initiala resultat:

Flexibilitetspotentialer till år 2030

VIKTIGT: Instruktion och bakgrund till detta dokument

- Detta dokument innehåller initiala potentialbedömningar från projektet [FlexAbility](#) som nu kommit ungefär halvvägs. De kan därför komma att utvecklas och är **inte** säkert våra slutgiltiga potentialer som kommer att publiceras i projektets slutrapport.
- Potentialerna i detta dokument utgår från det underlag vi fått in genom ett 40-tal intervjuer under våren 2024, tillsammans med feedback från referensgrupp och extern workshop. Där inget vetenskapligt underlag finns tillgängligt har vi gjort egna antaganden.
- Det finns fortfarande möjlighet att fördjupa analyserna kring potentialerna inom ramen för projektet och t.ex. skilja på potentialer för upp- och nedreglering. Har du relevanta synpunkter får du därför gärna kontakta elham.kalhari@powercircle.org.

Instruktion till hur du läser underlaget

För varje resurs finns en tabell där potentialen år 2030 bedöms i siffror utifrån fem tidsintervall: sekund, minut, timme, dygn, vecka. Potentialen i rutan tar både hänsyn till reaktionstid och uthållighet i förhållande till tidsintervallet. Resursen behöver alltså kunna ändra värde tillräckligt snabbt för att leverera på tidsintervallet men även ha den uthålligheten.

På vissa resurser finns två rader för att signalera att det finns olika potentialer för t.ex. sommar och vinter. **Pilarna** vid potentialerna anger om flexibiliteten relaterar till upp-, nedreglering eller båda delarna. Därtill ha vi lagt in **en procentuell potential av installerad effekt 2030** där det är möjligt. Sist i tabellen anges det kända nuläget för resursens flexibilitetsbidrag.

Under tabellen finns **en kort beskrivning som ger begränsningar** för flexibiliteten utöver det som står i rutorna. Det kan handla om hur flexibilitetspotentialen varierar över dygnet eller året, på vilken nivå i nätet resursen finns eller annat som är relevant i förhållande till de siffror som står i tabellen.

Slutligen finns på alla resurser **en punktlista med antaganden** som visar hur de olika potentialerna har räknats fram. Målet är att komma fram till realistiska potentialer 2030, vilket innebär att den teoretiska potentialen till 2030 ibland är högre. Däremot har vi inte utgått från ekonomiska aspekter i bedömningen, potentialen kan alltså begränsas av ekonomiska incitament eller marknader.

Ps. Vi utgår ibland i våra resonemang från förkvalificerade volymer på olika stödtjänster, men då stödtjänster förändras över tid vill vi inte definiera potentialerna till 2030 i förhållande till de olika tjänster som finns idag, utan har valt upplägget med fem olika tidsintervall i stället.

Vattenkraft

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 4 200 MW ↑	↓ 4 200 MW ↑	↓ 6 000 MW ↑	↓ 11 900 MW ↑	↓ 10 200 MW ↑
Potential 2030 % av installerad effekt	25 %	25 %	35 %	70 %	60 %
Nuläge	2 800 MW	2 800 MW	3 000 MW	8 000 MW	9 500 MW

Vattenkraft har en stor flexibilitetspotential på nationell nivå och över säsong, men är dels begränsad i sin reaktionstid när det kommer till väldigt snabba tider, dels begränsad i förhållande till sina vattendomar och andra miljöaspekter. Då en stor del av vattenkraften är ansluten till högre spänningsnivåer kan inte hela potentialen användas till lokal flexibilitet, däremot finns många mindre vattenkraftverk anslutna till distributionsnät där möjlighet till lokal flexibilitet finns.

Antaganden

- Idag är den totalt installerad effekten vattenkraft i Sverige 16 300 MW, men topproduktionen för en enskild timme bedöms vara 13 400 MW ([källa](#)).
- Det finns en potential att öka flexibiliteten från vattenkraft med 3 400 MW, eller 25 %, baserat på en studie av Sveriges 10 största älvar ([källa](#)). Vi gör här ett antagande att 20 % av effektökningarna hinner realiseras till 2030 (intervju). Detta leder till en total installerad effekt på $16\,300 + 3\,400 \cdot 0,2 \approx 17\,000$ MW.
- Under 2023 var den lägsta vattenkraftsproduktionen omkring 2000 MW, vi antar därför att den totala reglerförmågan idag är mellan 2 000 MW och 13 400 MW = 11 400 MW. Till 2030 förväntas detta öka med 500 MW, vilket ger en teoretisk flexpotential på 11 900 MW.
- De senaste åren har allt större volymer förkvalificerats till Svenska kraftnäts marknader. Vid inledningen av 2023 var 10 300 MW vattenkraft förkvalificerade för mFRR, och idag är 16 500 MW förkvalificerad. För de snabbare produkterna FCR och aFRR har förkvalificerade volymer ökat från 1 800 MW i början av 2023 till 2 800 MW idag ([källa](#)).
- I antar att deltagandet med snabba flexibiliteten kan fortsätta att öka fram till 2030 med ytterligare 50 % i förhållande till idag, vilket ger på $2\,800 \cdot 1,5 \approx 4\,200$ MW.
- När det gäller att reglera från timme till timme visar statistik från Svenska kraftnät att produktionen i vattenkraften i genomsnitt förändrades 300 MW från en timme till nästa under 2023, och som mest 3 000 MW från en timme till en annan ([källa](#)). Då detta görs utifrån behov på marknaden antar vi här att reglerförmågan från en timme till en annan år 2030 är ca dubbelt så stor som statistiken visar att förmågan är idag.
- Samma statistik visar att den största förändring som gjorts på ett dygn 2023 är 8000 MW, samt att den högsta effekt som vattenkraften producerat en vecka i rad är 9 500 MW. Till 2030 utgår vi därför ifrån att hela flexpotentialen kan användas i upp till ett dygn, men att potentialen justeras till 60 % av installerad effekt för en veckoflex.

Kärnkraft

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 30 MW ↑	↓ 30 MW ↑	↓ 300 MW ↑	↓ 2 400 MW ↑	↓ 6 900 MW ↑
Potential 2030 % av installerad effekt	0,4 %	0,4 %	4 %	35 %	100 %
Nuläge	0 MW	0 MW	250 MW	2000 MW	6 900 MW

Kärnkraften i Sverige har historiskt endast minskat sin produktion över nätter, helger eller längre låglastperioder, men med det nya energilandskapet kikas det på möjligheter att reglera snabbare och oftare. Detta är något som kärnkraftverk i andra delar av världen gör, men som i Sverige kräver nya rutiner för kommunikation och drift för att kunna bidra till rätt snabbhet i regleringen.

Antaganden

- Idag är den totalt installerad effekten kärnkraft i Sverige 6 900 MW ([källa](#)).
- Flera studier har kikat på kärnkraftens möjligheter att reglera och en möjlig produktionsminskning antas vara till 65 % av installerad effekt, eventuellt kanske till 50 % för vissa kärnkraftverk ([källa](#), [källa](#)). En möjlighet att reglera ner till 65 % ger en teoretisk flexibilitetspotential på 2 400 MW för dagens kärnkraftverk. För längre perioder som veckor skulle hela kraftverket kunna stängas ned för att senare startas upp igen (intervju).
- Sommartid är de flesta kärnkraftverk under revision, vilket påverkar den totala produktionen och kapaciteten att reglera. Sommaren 2024 uppgick den totala kärnkraftsproduktionen till ca 4 000 MW ([källa](#)), att reglera ner till 65 % sommartid ger då en flexibilitetspotential på 1 400 MW på kortare perioder om dagar.
- Enligt statistik från Svenska kraftnät för kärnkraftens produktion under 2023 förändrades produktionen vanligtvis inte från timme till timme, men då det skedde en förändring gjordes det ofta i steg i 50-250 MW per timme, vid enstaka tillfällen gjordes nedrampningar med 600-800 MW och årets högra värde var en förändring på -1400 MW. Tittar man över flera timmar förändrades produktionen som mest 2000 MW nedåt och mest 1000 MW uppåt.
- För snabbare flexibilitet görs en uppskattning att kärnkraften kan styra i ett mindre intervall om 100 MW per reaktor från timme till timme (intervju). Det skulle ge en teoretisk potential för alla 6 reaktorer på 600 MW. Vi antar att hälften av det kan realiseras till 2030.
- Frekvensreglering kan endast göras i mindre omfattning i befintliga verk (intervju). Här uppskattas potentialen för snabb reglering till 5 MW per reaktor.

Vindkraft

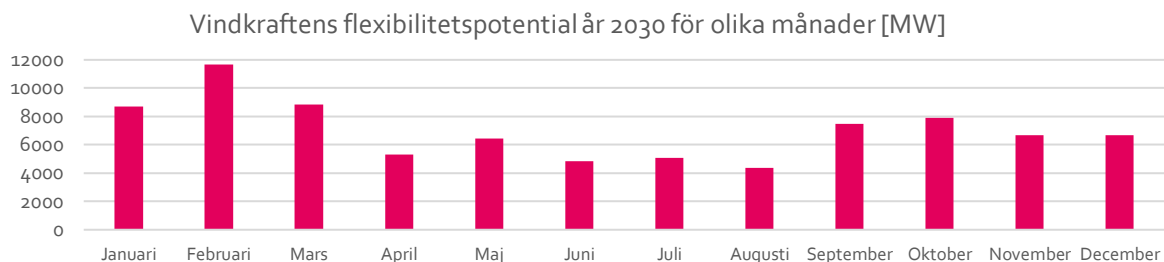
Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 3 500 MW	↓ 7 000 MW	↓ 7 000 MW	↓ 3 000 MW	↓ 3 000 MW
Potential 2030 % av installerad effekt	13 %	25 %	25 %	10 %	10 %
Nuläge	720 MW	150 MW	1 360 MW	0 MW	0 MW

Vindkraften kan framför allt bidra med nedreglering och klarar av att reagera mycket snabbt. För att leverera uppreglering behöver vindparken vara nedreglerad och spilla vind, vilket gör att högre intäkter krävs för att det ska vara lönsamt. Vindkraftens potential till flexibilitet finns när kraftverken producerar el; potentialen följer därmed vindens mönster där det blåser mer under vinterhalvåret.

Antaganden

- Installerad effekt enligt Svensk Vindenergi kvartalsvisa statistik ([juli 2024](#)): 16 600 MW.
- Ei (2024) bedömer vindkraftens produktionskapacitet till 22 900 MW 2030 ([källa](#)), och vindkraftsbranschen bedömer ca 27 000 MW 2030 i ett basscenario, samt 30 000 MW i ett högscenario ([källa](#)). Vi väljer att räkna på + 10 000 MW vindkraft till 2030 = 26 600 MW.
- Ägarförhållanden och villkor i PPA kan vara begränsande för vindkraftens flexibilitet, men snabb och kortvarig flexibilitet borde påverkas i mindre utsträckning (intervju). Förutsatt att hälften av dagens vindkraft och all nyinstallerad vindkraft kommer ha möjlighet för till upp- och nedreglering, beräknas den teoretiska potentialen till 18 400 MW år 2030.
- Idag är 720 MW vindkraft förkvalificerat för snabb frekvensreglering, FCR-D ned; en ökning från 90 MW i början av 2023, och från 430 MW vid årets start. Samtidigt finns förkvalificerade volymer på mFRR ned om 1 360 MW (och 250 MW på mFRR upp) ([källa](#)).
- Kapacitetsfaktorn bedöms vara 38 % 2030 ([källa](#)). Den realistiska flexpotentialen bedöms vara teoretisk potential * kapacitetsfaktor, dvs. 18 400 MW * 0,38 = ca 7 000 MW. Denna potential förändras dock mellan månader (se graf) och även inom dygnet. Vi antar att minst hälften av den realistiska potentialen kan användas för snabb frekvensreglering.
- Vindkraften producerade 75 % av tiden mer än 2000 MW år 2023, vilket skalat ger 3000 MW år 2030. Detta har antagits vara flexibilitet som kan levereras med längre uthållighet.



Grafen visar ett exempel på hur flexibilitetspotentialen varierar över ett år baserat på produktionsstatistik från 2023.

Solkraft

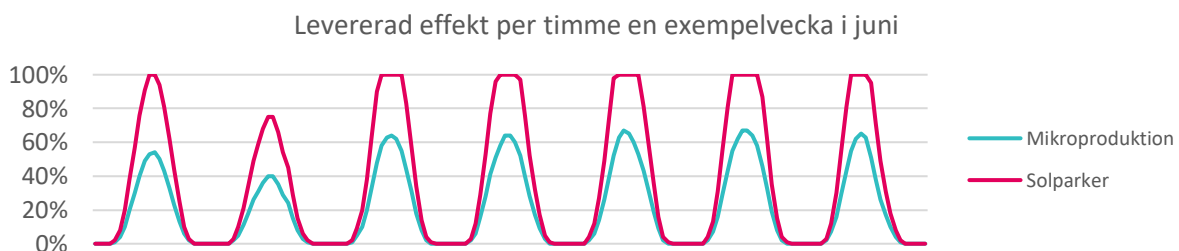
Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030 - sommar	↓ 6 200 MW	↓ 6 200 MW	↓ 6 200 MW	0 MW	0 MW
Potential 2030 % av installerad effekt	31 %	31 %	31 %	0 %	0 %
Nuläge	30 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW

Solelanläggningar kan bara styras flexibelt åt ett håll, från full produktion och nedåt, om inte anläggningen ligger i ett driftläge där el spills. Växelriktaren kan oftast reagera snabbt. Solkraften har bara möjlighet att erbjuda flexibilitet på dagtid och med störst potential mellan klockan 09–15 under sommarhalvåret. Detta innebär att flexibilitetspotentialen är noll under delar av dygnet, men den kan förlängas om solelproduktionen sker i kombination med ett lager (dock inte inräknat här).

Antaganden

- I början av 2024 var den installerade effekten solkraft i Sverige 4 GW ([källa](#)), där ca 3 GW är från mikroproduktion och mindre anläggningar medan 1 GW är från större solparker.
- Branschen siktar på 30 GW solel till 2030 ([källa](#)), myndigheterna tror på 9 GW 2027 ([källa](#)). Många anläggningar byggs idag med högre installerad effekt än de har nätanslutning, vilket gör att de producerar maxeffekt mot nätet stabilt i flera timmar i stället för att få en enda toppnotering per dag. Vi gör ett antagande om 15 GW solparker till 2030, med 10 GW nätanslutning (intervju). Gällande mikroproduktion gör vi ett antagande om ökning från 3 GW till 10 GW till år 2030. Totalt finns då 20 GW nätansluten solelproduktion år 2030.
- Solkraften kan tekniskt styra ner 100 % väldigt snabbt, och idag är 30 MW solkraft förkvalificerad på FCR-D ned, en ökning från 10 MW vid inledningen av 2023.
- Ägarförhållanden och villkor i PPA kan begränsa flexibiliteten från solel. Vi antar att 60 % av alla solparker kan erbjuda flexibilitet om det är mer lönsamt (intervju), vilket ger 6 GW. För mikroproduktion antas hälften av kunderna kunna erbjuda flexibilitet, vilket ger 5 GW.
- Då flexibilitetspotentialen varierar under dygnet (se graf) har vi fokuserat på timmarna 06-17 för att ta fram en genomsnittlig kapacitetsfaktor; SvK:s data från 2023 har ökats med 20 % för att kompensera miss i egenproduktion bakom mätaren. Detta ger ett junisnitt på 40 % som används för att beräkna flexibilitet från mikroproduktion, och för simulering av 15 GW solparker med 10 MW nätanslutning ges ett junisnitt på 70 %. Det ger totalt 6 200 MW.



Kraftvärme

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030 – sommar	↓ 100 MW ↑	↓ 200 MW ↑	↓ 300 MW ↑	↓ 200 MW ↑	↓ 200 MW ↑
Potential 2030 – vinter	↓ 500 MW ↑	↓ 1 500 MW ↑	↓ 2 300 MW ↑	↓ 1 500 MW ↑	↓ 1 500 MW ↑
Potential 2030 % av installerad effekt	10 %	33 %	50 %	33 %	33 %
Nuläge	70 MW	50 MW	330 MW	1 500 MW	1 500 MW

Kraftvärmerna är flexibel på så sätt att den förhållandevis snabbt både kan öka och minska sin elproduktion. Som resurs är den uthållig och kan drivas under större delen av året. Kraftvärmeverk kan bidra med frekvensreglering och balanstjänster inom några minuter; flexibiliteten från anläggningarna är dock särskilt bra över tidshorisonter om timmar. Genom att använda värmelager kan kraftvärmeverk också bidra med flexibilitet över längre tidsperioder, såsom dagar eller veckor. Perioder av högre värmebehov, såsom under vintern, kan dock potentiellt begränsa flexibiliteten.

Antaganden

- Installerad effekt för kraftvärme i fjärrvärmerna är idag 2 900 MW och kraftvärme i industri 1 600 MW, så totalt 4 500 MW ([källa](#)). Enligt Energimyndigheten 2023 ([källa](#)) kan det dock vara rimligt att dra av 10 % från den installerade effekten för att få nettoeffekten (den för marknaden tillgängliga kapaciteten, exkl. den kapacitet som går till hjälpel i den egna anläggningen). Det ger en nettoeffekt av installerad effekt på totalt 4 050 MW.
- Idag finns värmekraft förkvalificerat med 70 MW på FCR-D, 50 MW på FCR-N och 330 MW på mFRR (notera att det då är värmekraft som angets ej specifikt kraftvärme) ([källa](#)).
- Den sammantagna tillgängligheten för kraftvärme antas vara 77 % av installerad effekt på vintern och 10 % på sommaren ([källa](#)). Tillgänglighet avser här den del av den installerade kapaciteten som faktiskt är redo att producera el och värme – sommartid är tillgängligheten lägre då många anläggningar är avställda för underhåll då värmebehovet är lågt. Tillgänglighet vintertid är därmed ca 3 100 MW, och sommartid ca 400 MW.
- Av tillgänglig kapacitet antar vi att en mindre andel förkvalificeras för reglering på sekundnivå, ca 100 MW sommartid och 500 MW vintertid. På minutnivå uppskattas flexibilitetspotentialen uppgå till ca 50% av tillgänglig kapacitet. På timnivå uppskattas flexibilitetspotentialen uppgå till ca 75% av tillgänglig kapacitet. Över dagar och veckor uppskattas flexibilitetspotentialen uppgå till ca 50% av tillgänglig kapacitet.

Elpannor

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 260 MW ↑	↓ 650 MW ↑	↓ 975 MW ↑	↓ 650 MW ↑	↓ 650 MW ↑
Potential 2030 % av installerad effekt	20 %	50 %	75 %	50 %	50 %
Nuläge	0 MW	0 MW	30 MW	0 MW	0 MW

Elpannor kan bidra med flexibilitet genom att snabbt kunna anpassa effektuttaget för att balansera variationer mellan produktion och förbrukning i systemet. Elpannor kan reglera på sekundnivå och minutnivå; på timnivå kan elpannor planeras för att justera produktioner i förhållande till dagliga variationer och toppar. På längre tidshorisonter kan elpannor planeras strategiskt för att lagra eller producera värme under tidpunkter med produktionsöverskott och låga elpriser.

Antaganden

- Det finns ca 130 elpannor i fjärrvärmesystemet, dessa används i mycket begränsad omfattning idag. Som mest användes 6,7 TWh el från elpannor till fjärrvärmeproduktion 1990 – de senaste åren har motsvarande siffra varit ~0,2 TWh per år (intervju).
- Genomsnittlig effekt per elpannor i fjärrvärmesystem ligger mellan 5 MW och 20 MW. Om vi antar att den genomsnittliga effekten per elpanna är 10 MW kan vi anta att den installerade effekten av elpannor i fjärrvärmesystemet är 1300 MW.
- Givet att energiskatten reduceras för el till elpannor i fjärrvärmesystemet skulle hela den installerade effekten av elpannor i kraftvärmeanläggningar för fjärrvärme kunna vara flexibel. På grund av energiskatten blir dock driften av elpannor i värmesektorn ofördelaktig för kraftvärmeanläggningarnas ägare.
- Då elpannor är relativt billiga att installera och underhålla skulle rätt incitament - såsom reduktion av energiskatt på el till elpannor i fjärrvärmesektorn - kunna bidra till en hög grad av nyinstallation och körning av elpannor.
- Av uppskattningsvis 1300 MW installerad effekt från elpannor skulle flexibilitetspotentialen kunna vara ca 20% av installerad effekt på sekundnivå; 50% av installerad effekt på minutnivå; 75% av installerad effekt på timnivå; samt 50% av installerad effekt på en tidshorizont över dagar och veckor (intervju).

Värmepumpar

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030 – vinter	0 MW	↓ 1 000 MW ↑	↓ 3 250 MW ↑	↓ 1 000 MW ↑	0 MW
Potential 2030 % av installerad effekt	0 %	13 %	50 %	13 %	0%
Nuläge	0 MW	100 MW	300 MW	0 MW	0 MW

De flesta värmepumpar är begränsade i sin snabbhet, och uthålligheten begränsas av hur bra fastighetens klimatskal är. Många äldre värmepumpar saknar ännu digital uppkoppling som krävs för fjärrstyrning, men flera företag erbjuder idag retrofit för äldre värmepumpar. Beroende på typ av värmekälla eller klimatanläggning finns lite olika möjligheter till flexibilitet, men potentialen till flexibilitet är störst under vinterhalvåret för värme och för kyla under sommarhalvåret.

Antaganden

- Idag finns ca en miljon vattenburna värmepumpar och 400 000 luft-luft-värmepumpar. Totalt kan dagens 1,2 miljoner värmepumpar ge upp till 6 GW flexibilitet (intervju, [källa](#)).
- Ytterligare 1,5 GW uppskattas kunna komma från fastigheter och service ([källa](#)).
- Idag är 500 MW förbrukning förkvalificerat till Svenska kraftnäts stödtjänstmarknader (intervju), där en del av förbrukningen kan tänkas vara värmepumpar.
- Olika värmepumpar har olika egenskaper, luft-luft kan reagera snabbt ner på sekundnivå, medan vattenburna värmepumpar svara på ca 15 minuter (intervju). Antagande att luft-luft har en proportionell andel av potentialen ger $0,4 / 1,2 * 6 \approx 2$ GW. Hälften kan pausas på 30 sekunder och 100 % på 2 minuter (intervju), ger en potential på 1 GW på minutskala.
- På tidskala antas hälften av den fulla teoretiska potential på 7 500 MW hinna utvecklas till flexibilitet fram till år 2030 (intervju).
- Uthålligheten för en villa är omkring 5-12 h (intervju), vilket gör att vi antar att resursen aggregerat kan hålla ut i upp till ett dygn som en tredjedel av potentialen. Denna uthållighet skulle kunna förlängas om fastighetsägare investerade i större ackumulatortankar, något som bland annat många i vårt grannland Finland gjort, där den i snitt är dubbelt på stor.

Elfordon - lätta

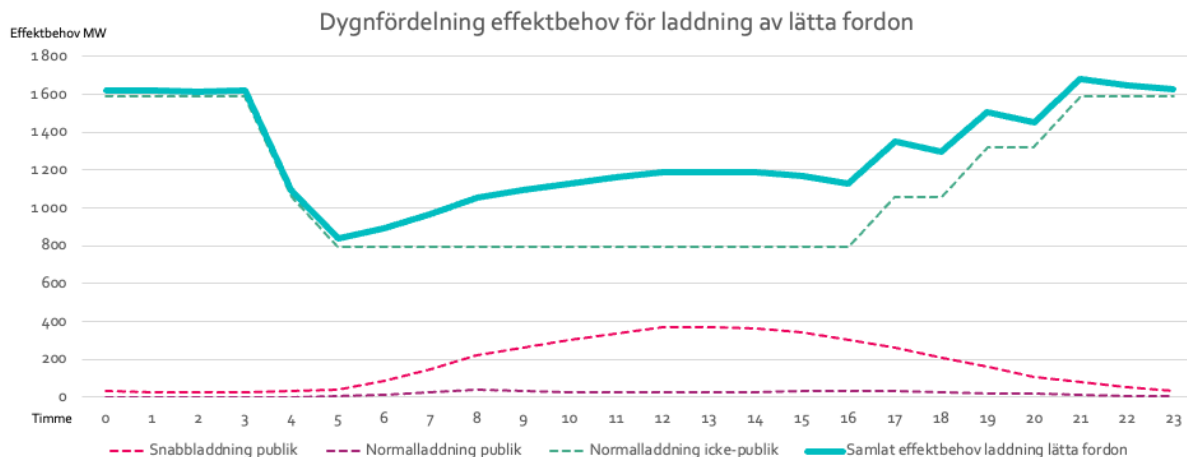
Potentialer till 2030 – smart laddning:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030 – uppreglering	1 700 MW ↑	1 700 MW ↑	1 600 MW ↑	300 MW ↑	0 MW
Potential 2030 – nedreglering	↓ 5 200 MW	↓ 5 200 MW	↓ 5 200 MW	0 MW	0 MW
Potential 2030 % av maximal laddkapacitet vid nedreglering	16 %	16 %	16 %	0 %	0 %
Nuläge	70 MW	70 MW	70 MW	0 MW	0 MW

Genom smart laddning finns det möjlighet idag att styra ned laddning snabbt, både enskilda resurser och aggregerat. Därtill finns potential till nedreglering genom att starta eller öka laddningseffekten om elbilar står inkopplade och behovet uppstår. Icke-publik laddning har potential att styras under längre perioder, medan publik laddning, särskilt snabbladdning, primärt kan styras kortade perioder för att inte påverka användarupplevelsen.

Antaganden

- 85% av all laddning bedöms ske genom icke-publik långsamladdning, där möjligheten till smart laddning är god ([källa](#)). Vid publik laddning antas 90% av energiöverföringen ske från snabbladdning och 10% från normalladdning.
- 50% av personbilsflottan och 30% av de lätta lastbilarna antas vara elektrifierade 2030 ([källa](#)) och det antas finnas 6,15 miljoner personbilar inkl lätta lastbilar i trafik 2030 ([källa](#)).
- Med en genomsnittlig körsträcka på 3 mil per dygn ([källa](#)) och elförbrukning på 2 kWh/mil ([källa](#)) så blir det totala laddbehovet per elbil i snitt 6 kWh/dygn. Vintertid bedöms det genomsnittliga laddbehovet vara något högre och uppgå till 10 kWh/dygn (intervju).
- Potentialer är baserat på dagligt energibehov för fordonsflottan 2030. Värdet beskriver det genomsnittliga dygnets mest belastade timme. Dygnslastkurvorna som använts för beräkningarna baseras på aggregerad data från flera olika laddoperatörer. Timmen med högst energibehov står för 6% av den totala dygnsbehovet för icke-publik laddning och 8-9% för publik laddning. Timmen med högst energibehov totalt ger flexibilitetspotentialen för uppreglering upp till en timme (se graf). Totalt ger detta en potential på $\approx 1\,700$ MW inklusive snabbladdning och $\approx 1\,600$ MW potential exklusive snabbladdning.
- 20% av den icke-publika hemmaladdningen antas kunna skjuta på sin laddning upp till ett dygn, vilket resulterar i en potential på ≈ 300 MW.
- För nedreglering antas att alla elbilar 2030 kan ladda med minst 11 kW, att upp till 20% av alla elbilar står inkopplade samtidigt och att 80% av elbilarna kan börja/öka laddningen vid en given signal. Det ger en teoretisk nedregleringspotential på $\approx 5\,200$ MW.
- Idag finns 70 MW elbilsflexibilitet förkvalificerat för FCR-D upp.



Elfordon – V2G

Potentialer till 2030 – V2G:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	5 000 MW ↑	5 000 MW ↑	5 000 MW ↑	600 MW ↑	0 MW
Potential 2030 % av alla fordons maximala kapacitet	80 %	80 %	80 %	40 %	0 %
Nuläge	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW

V2G har potential att spela en viktig roll vid upprepning 2030 om affärsmodeller finns på plats och lagstiftningshinder har rivits. Beräkningarna utgår framför allt från personbilar då de anses ligga före i utvecklingen, och V2G bedöms inte utgöra en potential för tunga fordon redan till år 2030.

Antaganden

- Till 2030 finns möjlighet för elbilar med V2G-kompatibilitet att mata ut el på elnätet mot ersättning ([källa](#)).
- 20% av de eldrivna personbilarna antas ha V2G-teknik 2030 (Energimyndigheten uppger 10% till 2030 och 30% till 2035) ([källa](#)).
- 80% är villiga att upplåta 50% av sitt batteri för V2G, förutsatt att det inte påverkar ens mobilitetsbehov ([källa](#)). Batteristorleken i elfordon bedöms inte öka nämnvärt, varför genomsnittlig batteristorlek antas vara 60 kWh, och 30 kWh kan upplåtas till V2G.
- Detta är en teoretisk potential baserad på att alla bilar med V2G teknik är inkopplade, anslutna till V2G-tjänst och har en SoC som möjliggör leverans.
- 2030 antas alla elbilar ha en ombordladdare som klarar minst 11 kW \approx 5 000 MW.
- Om bilarna i snitt kan ge 11 kW i ca 3h kan därmed en åttandel (3/24) av den maximala effekten ha en uthållighet över ett dygn

Elfordon - tunga

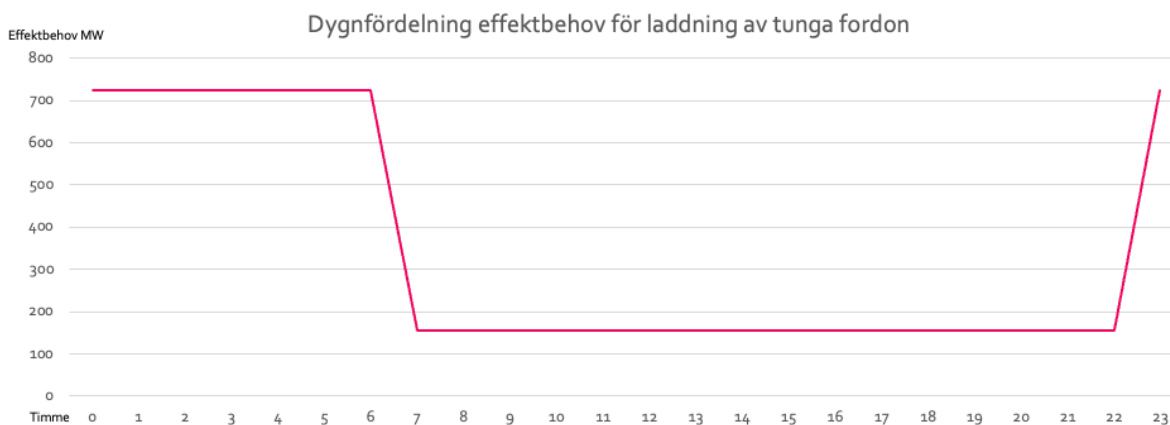
Potentialer till 2030 – smart laddning:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	730 MW ↑	730 MW ↑	730 MW ↑	0 MW ↑	0 MW
Nuläge	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW

På samma sätt som för lätta fordon så finns det möjlighet för smart laddning för tunga fordon idag att styra ned laddning snabbt, både enskilda resurser och aggregerat. Tunga fordon används dock mer frekvent än lätta fordon, vilket ställer högre krav på att snabbare laddning och att den kan ske vid önskat tillfälle. Övergången till elektrifierade tunga fordon möjliggör också för ökad nattkörning och därmed fler skift.

Antaganden

- Potentialer är baserat på dagligt energibehov för den tunga fordonsflottan 2030. Värdet beskriver det genomsnittliga dygnets mest belastade timme.
- 20% av de tunga lastbilarna och 50% av bussarna antas vara elektrifierade 2030 ([källa](#)).
- Det antas finnas 111 000 tunga fordon i trafik 2030 ([källa](#)).
- Med en genomsnittlig körsträcka på ca 12 mil per dygn ([källa](#)) och elförbrukning på 15 kWh/mil ([källa](#)). På vintertid bedöms den istället uppgå till 25 kWh/mil. Då blir det totala laddbehovet per elfordon i snitt 300 kWh/dygn.
- 70% av laddningen bedöms ske under nattetid (kl 23-06) och 30% under dagtid (kl 07-22) ([källa](#)). En genomsnittlig nattimme står därför för ca 9 % av den totala dygnsenergimängden. Totalt ger detta en potential på ≈ 730 MW.
- Enbart laddning som sker nattetid antas ha möjlighet att förskjuta laddning upp till 1h.



Stationära batterier

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 8 000 MW ↑	↓ 8 000 MW ↑	↓ 8 000 MW ↑	↓ 2 000 MW ↑	0 MW
Potential 2030 % av installerad effekt	100 %	100 %	100 %	25 %	0 %
Nuläge	530 MW	100 MW	80 MW	0 MW	0 MW

Batterier, med dagens teknik och storlek, lämpar sig primärt för flexibilitet upp till ett dygn, maximalt några dagar vid aggregering. Det är ekonomiska begränsningar snarare än fysiska eller tekniska begränsningar som påverkar stationära batteriers flexpotential.

Antaganden

- Vid årsskiftet fanns omkring 500 MW batterier i Sverige ([källa](#)) och förkvalificerat till Svenska kraftnät är 300 MW till FFR, 530 FCR-D, 100 till FCR-N och 80 till mFRR ([källa](#)).
- Priser på batterier sjunker i alla segment ([källa](#)), och tillgängligt batteriutbud uppskattas kunna möta efterfrågan utan brist på råvaror ([källa](#)).
- Baserat på Solar Power energilagringmål för Europa 2030 ([källa](#)) kan Sverige ha Ca 10 GW batteri 2030 (utifrån nuvarande andel av EU:s elanvändning). Utifrån samma antagande så visar IEA:s Net Zero Emission-scenario en potential upp till ca 6,4 GW ([källa](#)). Energimyndigheten bedömer potentialen för batteriers flexibilitet (hemmabatterier + större batterianläggningar) i ett högscenari till ca 4,4 GW ([källa](#)). Samtidigt står för tillfället 9,5 GW batterier i kö till enbart E.ON:s elnät, och förfrågningar finns till många andra elnät.
- Vi antar att 8 GW stationära batterier hinner realiserats till år 2030.
- Gällande uthålligheten på batterierna antar vi att urladdning i huvudsak sker mellan 0,1-1C (intervju), vilket möjliggör upp till 10h uthållighet för batterierna. För ett dygn kan därmed batterierna aggregerat leverera 10-50 % av totala potentialen, vi räknar här med 25 %.

Vätgasproduktion

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 150 MW ↑	↓ 750 MW ↑	↓ 1 500 MW ↑	↓ 2 100 MW ↑	↓ 2 100 MW ↑
Potential 2030 % av installerad effekt	5 %	25 %	50 %	70 %	70 %
Nuläge	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW	0 MW

Flexibilitet från vätgasproduktion genereras främst från två sorters källor: dels från storskalig lagring, där stora volymer av vätgas fungerar som långsiktiga energilager; dels från elektrolysörer som anpassar sin produktion – och därmed elanvändning – baserat på prissignaler. Elektrolysörer kan reagera relativt snabbt för att möta systemets behov, och bidra med en liten andel flexibilitet vid kortvariga obalanser. Bäst potential finns dock på timnivå, då vätgasproduktionen kan vara planerad och anpassad över timmar för att optimera elanvändningen baserat på energimarknadens utbud. Vätgaslager kan användas över längre perioder för att balansera variationer över längre tidshorisonter: från dagar och veckor, till säsonger.

Antaganden

- För tillfället är kostnaderna för elektrolysörer så pass höga att vi inte ser en stor flexibilitetspotential till 2030 på enbart marknadsmässiga grunder. Ei (2023) bedömer den kvantitativa maximala potentialen i planerade elektrolysörer i Sverige till ca 120 MWh/h 2025, och 4400 MWh/h 2030 (källa). Intervjuer i FlexAbility landar inte lika högt. Vi gör ett antagande om 3000 MW från elektrolysörer år 2030.
- Storskaliga lager samt infrastruktur för vätgasnät bedöms inte vara realiserade till år 2030, då investeringsbeslut inte kommit på plats och ledtiden för utbyggnad av vätgasinfrastruktur är i paritet med ledtider för utbyggnad av mellanspänningsnät. Därför antar vi att när investeringar görs, så finns flexibilitetspotentialen realiserad ca 10 år senare.
- Den potential som finns till 2030 ligger i installerade elektrolysörer, samt ev. vätgaslagren för de ca 100 vätgastankstationer som är planerade att anläggas för bränslecellsfordon. Detta förklarar varför volymerna i ovan tabell för vätgasens potential till 2030 enbart återspeglar en liten andel av den stora potential som vätgasen kan utgöra.
- Vi antar att flexibilitetspotentialen från 3 000 MW elektrolysörer är ca 5% av installerad kapacitet på sekundnivå, ca 25% av installerad kapacitet på minutnivå, ca 50% av installerad kapacitet på timnivå.
- Om vätgasen kan lagras antar vi att elektrolysörer kan bidra med ca 70% av installerad effekt på en tidshorisont över dagar och veckor.

Pumpkraft

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund	Flex – minut	Flex – timme	Flex – dygn	Flex – vecka
Potential 2030	↓ 400 MW ↑	↓ 400 MW ↑	↓ 400 MW ↑	↓ 400 MW ↑	0 MW
Potential 2030 % av installerad effekt	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nuläge	90 MW	90 MW	90 MW	0 MW	0 MW

Pumpkraft har mycket låga driftskostnader, och med 15 000 gruvor i Sverige är potentialen stor. Miljövärden, omfattande miljöprövningar och i vissa fall konkurrerande intresse av återstart av mineralutvinning kan vara hämmande faktorer för potentialen.

Antaganden

- Beroende på fallhöjd, vattenmängd med mera har pumpkraft potential från några timmars uthållighet upp till ca 40 timmar för de största anläggningarna (intervju). I huvudsak klarar nuvarande och kommande anläggningar 4-8 timmar (intervju).
- De anläggningar som är i drift till 2030 kommer vara anläggningar i storlek upp till ca 50 MW och med lagringskapaciteter upp till några timmar. ([Källa](#) + intervju) Ingen anläggning som kommer vara i drift innan 2030 antas ha en uthållighet på över 24h.
- Den tekniska och fysiska potentialen är större än den marknadsmässiga potentialen (intervju). Till 2030 beräknas 3-8 anläggningar kunna finnas på plats.
- Vattenfalls projekt Juktan, med potential på upp till 300 MW, planeras inte att driftsättas förrän 2032 och inkluderas därmed inte i denna potentialbedömning. ([Källa](#))

Elnät

Potentialer till 2030:

	Flex – sekund		Flex – minut		Flex – timme		Flex – dygn		Flex – vecka						
Potential 2030	↓	25 %	↑	↓	25 %	↑	↓	25 %	↑	↓	20 %	↑	↓	20 %	↑
Nuläge		0 %			0 %			0 %			0 %			0 %	

Genom att förändra driften av elnätet förväntas kapaciteten i befintligt elnät kunna ökas, vilket här har definierats som en potential till 2030. Det handlar om bättre mätning, att ersätta N-1 kriteriet i elnätet med mer probabilistiska metoder, och förändrad drift av elnätet. Potentialen till högre utnyttjandegrad genom ökad flexibilitet i produktions- och användarled inkluderas inte.

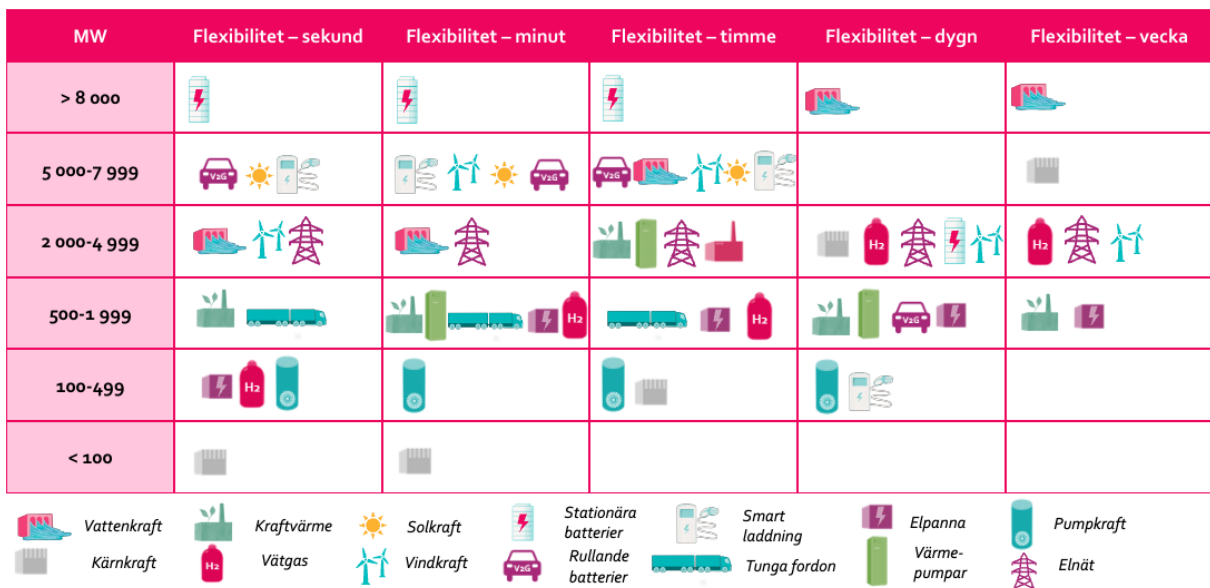
Antaganden

- Genom att införa temperaturmätning i form av dynamic line rating och dynamic transformation rating (DLR & DTR) uppskattas kapaciteten i elnätet kunna ökas med omkring 10-30 %, där högre värdet kan vara aktuellt för Sverige som är kallt (intervju).
- Genom att införa mer probabilistiska metoder för att hantera risk och därmed ersätta N-1 kriteriet förväntas kapaciteten i elnätet kunna öka med 15-35 % på systemnivå (intervju).
- Övriga insatser som kan göras för att öka kapaciteten i elnätet är att planera underhåll mer optimalt och att styra effektflöden i nätet mellan olika delar med reaktiv effekt (intervju).
- Samtidigt finns vissa ledningar som högst troligt redan är väldigt optimerade (intervju).
- Vi antar att överföringskapaciteten till 2030 kan ökas med 25 % på korta tidsskalor och 20 % på de längre tidsskalor.

Avslutning

Arbetet med potentialerna fortsätter fram till hösten 2025. Dels undersöks just nu industrins flexibilitet genom en intervjustudie under hösten 2024, dels kommer eventuellt nya resurser som gasturbiner och fastigheter att undersökas vid sidan av hybridparker. Därtill kommer analyserna att fördjupas till slutrapporten och vid sidan av tekniska potentialer ska även värdet av flexibiliteten studeras tillsammans med målkonflikter och policys som kan underlätta realiseringen av flexibiliteten.

Som avslutning delar vi två bilder som sammanställer de preliminära potentialerna. Där flera potentialer finns, t.ex. för sommar och vinter eller för upp- och nedreglering visas den högre.



Figur som visar storleksordningen på potentialerna för olika resurser år 2030.

Tabell som visar högsta flexibilitetspotentialen för olika resurser till år 2030.

		sekund	minut	timme	dygn	vecka
Flexibel produktion	Vattenkraft	4 200 MW	4 200 MW	6 000 MW	11 900 MW	10 200 MW
	Kärnkraft	30 MW	30 MW	300 MW	2 400 MW	6 900 MW
	Vindkraft	3 500 MW	7 000 MW	7 000 MW	3 000 MW	3 000 MW
	Solkraft	6 200 MW	6 200 MW	6 200 MW	0 MW	0 MW
	Kraftvärme	500 MW	1 500 MW	2 300 MW	1 500 MW	1 500 MW
Flexibel användning	Elpannor	260 MW	650 MW	975 MW	650 MW	650 MW
	Värmepumpar	0 MW	1 000 MW	3 250 MW	1 000 MW	0 MW
	Elfordon (smart laddning)	5 200 MW	5 200 MW	5 200 MW	300 MW	0 MW
	Elfordon (V2G)	5 000 MW	5 000 MW	5 000 MW	600 MW	0 MW
	Elfordon (tunga)	730 MW	730 MW	730 MW	0 MW	0 MW
Energilager	Batterier	8 000 MW	8 000 MW	8 000 MW	2 000 MW	0 MW
	Vätgas	150 MW	750 MW	1 500 MW	2 100 MW	2 100 MW
	Pumpkraft	400 MW	400 MW	400 MW	400 MW	0 MW
Elnät - ökad kapacitet i befintligt nät		25%	25%	25%	20%	20%

Notera att dessa siffror inte direkt kan adderas för en total potential då deras respektive högsta potential infaller vid olika tidpunkter under dygnet och året.