



Energimyndigheten

Nulägesanalys V2X

En kortversion

Innehåll

Sammanfattning	4
Summary	5
1 Definitioner av V2X	6
2 Varför är V2X intressant?	6
3 Forskningsläget då	7
4 Forskningsläget nu	8
5 Vad har forskningen resulterat i?	9
5.1 Nationellt.....	9
5.2 Internationell forskning (främst EU).....	9
6 Kommersiella initiativ inom V2X	10
6.1 Kostnader och teknikval.....	13
7 Standarder och interoperabilitet	14
8 Regelverk på europeisk nivå	15
9 Användarperspektivet	16
10 Resiliens	16

Sammanfattning

Detta är en sammanfattning och nedkortad version av Nulägesanalys V2X, RISE Rapport: 2026:45, ISBN: 978-91-90109-74-8, av Hampus Alfredsson och Jens Hagman på uppdrag av Energimyndigheten. För fördjupning och förtydliganden hänvisas till grundrapporten¹.

V2X (bidirektionell laddning) framstår som en nyckelteknik för att hantera ett ökande effektbehov i ett elsystem med mer variabel produktion. Genom att inte bara styra *när* laddning sker (smart laddning/V1G) utan även möjliggöra urladdning kan elfordon bidra med fler värden, exempelvis effekttoppskapning, nätbalansering och stödtjänster, energiarbiterage samt – i vissa tillämpningar – ökad resiliens genom reservkraft. Även ö-drift där en fastighet drivs med elbilsbatteriet oberoende av det externa elnätet är en potentiell förmåga men som kräver ytterligare teknik och möjligtvis ny reglering för att realiseras. Stort systemvärde uppstår när laddning och urladdning kan optimeras och aggregeras i större volymer, eftersom flera marknader och flexibilitetstjänster kräver minsta budstorlekar och specifika mät- och responstidskrav.

Utvecklingen har accelererat sedan 2023: forskningen i Sverige och EU har breddats mot både lätta och tunga fordon, systempåverkan, affärsmodeller och större pilot- och demoprojekt, samtidigt som Europa bedöms ligga långt fram internationellt. Kommersiella erbjudanden är fortfarande relativt få, men fler partnerskap mellan fordonstillverkare, laddpunktstillverkare och elhandlare/aggregatorer pekar mot gradvis uppskalning. Samtidigt kvarstår centrala trösklar: kostnad och teknikval (där DC-lösningar i dagsläget ofta är betydligt dyrare än AC för hemmabruk, men kan ge tydligare ansvarspunkt mot nätet och högre effekter), osäkerhet kring batteripåverkan i olika användarfall samt behov av tydliga intäktsmodeller som motiverar investeringar.

För att V2X ska kunna skalas krävs interoperabilitet och standardisering, särskilt kring ISO 15118-20, samt harmoniserade dataflöden och en mer enhetlig hantering av nätkoder och avgifter. EU-regelverk, såsom AFIR och elmarknadsreformen, väntas bidra med tydligare krav och prissignaler som kan stärka affärscaset. Användarperspektivet är samtidigt avgörande: studier visar generellt positiv inställning om mobilitetsbehovet alltid prioriteras och om ersättningen upplevs som tydlig och rättvis; förutsägbarhet värderas ofta högre än maximal intjäning. Sammantaget är V2X lovande men beroende av fortsatt standardmognad, fungerande marknads- och ersättningsmodeller samt lösningar som minskar komplexitet och risk för slutkund.

¹ [Nulägesanalys V2X](#)

Summary

V2X (bidirectional charging) is emerging as a key technology for managing increasing power demand in an electricity system with more variable generation. By not only controlling when charging occurs (smart charging/V1G) but also enabling discharging, electric vehicles can provide additional value, such as peak shaving, grid balancing and ancillary services, energy arbitrage, and—in certain applications—increased resilience through backup power. Islanded operation, where a property is powered by the vehicle battery independently of the external grid, is also a potential capability, but it requires further technology and possibly new regulation to be realized. Significant system value arises when charging and discharging can be optimized and aggregated at larger scale, since several markets and flexibility services require minimum bid sizes and specific metering and response-time requirements.

Development has accelerated since 2023: research in Sweden and the EU has broadened to include both light- and heavy-duty vehicles, system impacts, business models, and larger pilot and demonstration projects, while Europe is considered to be at the forefront internationally. Commercial offerings are still relatively limited, but increasing partnerships between vehicle manufacturers, charging equipment providers, and electricity retailers/aggregators point toward gradual scaling. At the same time, key barriers remain: cost and technology choices (where DC solutions are currently often significantly more expensive than AC for residential use, but may provide a clearer grid connection interface and higher power levels), uncertainty regarding battery impacts across different use cases, and the need for clear revenue models that justify investments.

To enable V2X to scale, interoperability and standardization are required—particularly around ISO 15118-20—as well as harmonized data flows and more consistent handling of grid codes and tariffs. EU regulations, such as AFIR and the electricity market reform, are expected to introduce clearer requirements and price signals that can strengthen the business case. The user perspective is also crucial: studies generally show a positive attitude provided that mobility needs are always prioritized and compensation is perceived as clear and fair; predictability is often valued more highly than maximum earnings. Overall, V2X is promising but dependent on continued standard maturity, well-functioning market and compensation models, and solutions that reduce complexity and risk for end users.

1 Definitioner av V2X

V2X (Vehicle-to-X) är ett samlingsbegrepp för tekniker som gör det möjligt för fordon att kommunicera och/eller utbyta elenergi med omgivningen, där "X" står för "Everything". I kontexten för den här rapporten avgränsar Energimyndigheten begreppet till den del som handlar om att utbyta el, på svenska kallat dubbelriktad eller bidirektionell laddning. När man pratar om dubbelriktad laddning brukar det framför allt innefatta underkategorierna

- **V2L – Vehicle-to-Load:** Fordon levererar el direkt till elektriska apparater eller utrustning, utan koppling till elnät eller fast installation,
- **V2H – Vehicle-to-Home:** Fordon används som ett energilager i ett enskilt hushåll och samverkar med exempelvis solceller och hushållets lastbehov för att styra när el lagras och används (avser normalt inte ö-drift, se nedan),
- **V2B – Vehicle-to-Building:** Fordon levererar el till en byggnad för att exempelvis minska effekttoppar, stödja lokal energihantering eller för reservkraft (avser normalt inte ö-drift, se nedan),
- **V2G – Vehicle-to-Grid:** Energiutbyte mellan fordon och elnätet, där fordonets batteri kan fungera som flexibel resurs för balansering av elnätet.

Det är framför allt V2H, V2B och V2G som är intressanta ur ett elsystemsperspektiv. En viktig distinktion är att V2H och V2B inte nödvändigtvis innebär att det går att driva byggnaden oberoende av elnätet exempelvis vid strömavbrott (ö-drift) då detta kräver ytterligare teknik som en överföringsbrytare för att koppla bort elnätet samt att det oberoende systemet ställer in spänning och frekvens självt. Förutom extra utrustning kan godkännande från nätägaren behövas för att köra ö-drift.

2 Varför är V2X intressant?

I takt med att transportsektorn (och samhället i stort) elektrifieras ställs större krav på elsystemet. Effektbehovet ökar samtidigt som energiproduktionen förändras med mer variabel energiproduktion från sol och vind. Att styra elbilsladdningen kan därför bli en avgörande nyckel för att kunna balansera elnätet och utnyttja förnybar elproduktion maximalt. Smart laddning, även kallad V1G, innebär att laddningen fördröjs, anpassas eller schemaläggs utifrån exempelvis kapacitet i elnätet, elpris, eller tillgång på lokal energiproduktion. Med dubbelriktad laddning, V2X, ökar potentialen att optimera elsystemet än mer och nya tjänster så som att bidra till ökad resiliens genom reservkraft eller energi-arbitrage (att köpa och sälja el beroende på prisskillnader) blir möjliga.

En viktig faktor att ha med sig gällande flera av de elsystemstjänster som är möjliga genom smart laddning och V2X är att en individuell elbilsägare inte kan tillhandhålla

dem själv. Det beror på att marknader för till exempel stödtjänster, frekvensreglering och lokal flexibilitet utöver krav på responstid, tillgänglighet och mätning även kräver en minsta budstorlek som är mer än vad en enskild elbilsladdare kan leverera. Därför måste elbilsägaren ingå avtal med en aggregator som samlar ihop flera fordon och laddare till ett bud. Aggregatorn kan sedan få betalt både för att resurserna finns tillgängliga och när de aktiveras och energi överförs. Hur ersättningen till själva elbilsägaren sedan ser ut beror på affärsmodellen.

3 Forskningsläget då

Det har hänt en hel del på forskningsfronten för V2X sedan 2023 när Energimyndigheten tog fram sin första syntes över nuläget². De primära tematiska forskningsområdena som identifierades då inkluderade teknikutveckling, elbilens roll i elsystemet, användarstudier och beteendefrågor, affärsmodeller samt lagar, policys och standarder. Rapporten identifierade även tekniska, ekonomiska, regulatoriska och sociala utmaningar enligt nedan:

Kategori	Exempel på berörda utmaningar
Tekniska	Osäkerhet kring batterislitage, elkvalitet och elsäkerhet. Frågeställningar kring om styrutrustning bör sitta i fordonet eller i laddaren.
Ekonomiska	Utformning av affärsmodeller, prioriterade elmarknader och osäkerheter om värdet av V2X-tjänster överstiger kostnader för hårdvara och batterislitage.
Regulatoriska	Behov av reglering från EU, utveckling av standarder för interoperabilitet, cybersäkerhet samt lagstiftning för oberoende aggregatorer.
Sociala	Låg kunskap hos användare, oro för räckvidd och batterislitage, påverkan på frihetskänsla samt frågor om rättvisa att delta och dra nytta av tekniken.

Tabell 1. Identifierade utmaningar från V2X-syntes 2023.

Sverige bedömdes ligga långt fram gällande projekt med fokus på teknisk utveckling, men hade inte kommit lika långt som andra länder gällande storskaliga pilot-och demonstrationsprojekt i en europeisk kontext, där länder som Nederländerna, Storbritannien och Danmark låg före. En slutsats var att fler projekt som testar teknik och affärs-och ägarskapsmodeller behövdes samt även studier på användarens roll inom V2X och potentialen för tekniken från tung trafik och sjöfart som i princip helt saknades i forskningen. Det fanns även ett behov av fortsatt arbete kring standarder och protokoll.

² [Forskning och utveckling av V2X i Sverige 4 maj](#)

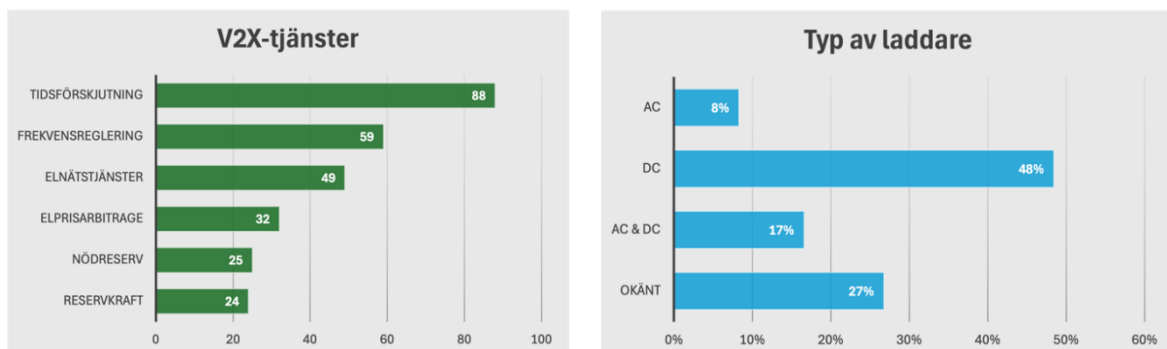
4 Forskningsläget nu

År 2026 ser forskningsläget helt annorlunda ut. Både omfattningen och antalet projekt i svensk kontext har breddats betydligt gällande V2X och smart laddning och inkluderar

- Tekniska studier för lätta och tunga elfordon samt uppstartade projekt om potentialen för V2X från sjöfart.
- Analyser av elsystempåverkan
- Kartläggningar av användare, körmönster och geografisk potential
- Studier av affärsmodeller, ägandeformer och aktörsroller
- Tillämpningar i specifika miljöer och applikationsområden såsom hushåll, arbetsplatser, logistik, långtidsparkeringar, flygplatser och i krissituationer (resiliens).
- Större pilot- och demoprojekt med fler fordon där olika energisystemstjänster testas

Flera av projekten drivs i större projektconsortier i samarbete mellan universitet, offentlig sektor och näringslivet. På EU-nivå är forskningen än mer inriktad på systemstudier och storskaliga projekt, men även regulatoriska frågor och frågor kopplat till deltagande på energimarknader. För att läsa mer om de specifika projekten som drivs på svensk och europeisk nivå hänvisas till ”Nulägesanalys V2X” kapitel 2.1.

Vid en utvidgad utblick internationellt går det att konstatera att Europa ligger långt fram internationellt. Enligt sidan ”V2G Hub”, som är en av de bästa källorna för sammanställning av V2X-projekt globalt (dock med hög felmarginal), har Europa 106 pågående projekt, att jämföra med ca 24 i USA, 3 i Kina, 7 i Japan och 9 i Sydkorea. Ca tvåtredjedelar av projekten har också annonserat vilka teknikval och energisystemstjänster projekten adresserar, se figuren nedan. Även om Europa dominerar just nu ökar intresset globalt och Kina har aviserat att 30 pilotprojekt ska startas i landet i närtid. Mer kring de specifika projekten och hur V2X-initiativen utvecklats globalt går att läsa om i den utökade nulägesanalysen.



Figur 1: Antal projekt som adresserar olika V2X-tjänster (t.v.) samt andel av projekt som fokuserar på teknikvalet mellan AC och DC (t.h.).

5 Vad har forskningen resulterat i?

5.1 Nationellt

I Sverige har som tidigare nämnt mängden projekt ökat rejält de senaste åren både i antal och i vilka forskningsfrågor som omfattas. Flera av dessa forskningsprojekt har även hunnit avslutas och genererat intressanta resultat. Bland dessa kan nämnas "Dansmästaren", "Vehicle-Grid Interaction from a policy perspective", "Ett Elsystem för Elfordon", PEPP – Public EV Power Pilots", "V2G cost-benefit analysis", "Elbilar till allting – Mobilitet med extra tjänster (V2X-MAS)" och "Implementation Roadmap for Swedish Automotive Vehicle-to-Grid Services in California". Några slutsatser från de avslutade projekten var att:

- Villigheten att kompromissa med publik laddning är låg och förutsägbarhet är viktigare än kostnad kopplat till V2G
- De flesta användare är positivt inställda till att "låna ut" batteriet till V2G förutsatt att fordonet är fulladdat till nästa resa och att det utgår någon ekonomisk kompensation.
- Utvecklingen av V2X-lösningar i svensk kontext drivs sannolikt mer av prissignaler och incitament från nätägare och styrmedel, snarare än slutkundens behov.
- Smart laddning utan V2G har redan en stor potential att minska problem kopplat till nätkapacitet. Men V2G kan generera högre intäkter och systemnytta beroende på olika elmarknaders utformning. Stödtjänster har en hög potential för intjäning samtidigt som slitaget på batteriet är försumbart eller till och med minskar.
- V2H och hemmaladdning hittills upplevs som mer attraktivt än V2G och publik laddning.
- Kön, boendeform och vilket elavtal man har påverkar synen på V2X.
- Osäkerhet kring batteridegradering är fortsatt ett hinder hos användare

5.2 Internationell forskning (främst EU)

Även på internationell nivå har området utvecklats och flera forskningsprojekt har avslutats de senaste åren. Många av projekten har stora internationella konsortier och producerar mycket och omfattande material. Exempel på sådana projekt är "SCALE – Smart Charging ALignment for Europe (2022–2025)", "FLOW – Flexible energy systems Leveraging the Optimal integration of EVs deployment wave (2022–2026)", "EV4EU – Electric Vehicles Management for carbon neutrality in EU (2022-2026)" och "Study on the assessment of use cases and business models for smart and bidirectional recharging in the context of energy system integration". Några utvalda slutsatser från de färdiga projekten på internationell nivå var:

- Intelligent styrning av elbilsflottor kan både stärka nätstabiliteten, frigöra kapacitet, ökade nyttjandegrad av förnybar elproduktion samt ge nytta för slutkunder.
- V2X-tjänster kan generera lägre topplaster, lägre elkostnader och minskade CO2-utsläpp. Intäkterna kan variera stort beroende på vilka elsystemstjänster som inkluderas och vilka prissignaler som finns i det lokala elnätet och landet.
- För maximal systemnytta och för att V2G och smart styrning ska fungera behöver dataflöden harmoniseras mot andra resurser så som solceller och stationära batterier. Det är den långsammaste responstiden och tidsupplösningen i systemet som begränsar potentialen.
- Hemmaladdning och fordonsflottor har ett lättare affärsförhållande än publika miljöer och arbetsplatser.
- DC och V2X är lättare nu, men på sikt kan AC ha mer potential då EU:s befintliga arkitektur bygger på AC-teknik.
- Komplexa nätkoder, dubbelbeskattning för lagring av el och inmatningstariffer är fortsatt regulatoriska hinder som kan bromsa utvecklingen i flera länder.
- Interoperabilitet och tillgång till högkvalitativa data i hela näringskedjan är nödvändigt för att realisera potentialen med V2X. Goda exempel på regelmässiga initiativ för att tillgängliggöra data finns i Danmark och Rumänien.
- Större projekt måste komma på plats för att testa och rulla ut ersättningsmodeller
- Användarstudier tyder på att kunden än så länge inte är beredd att betala extra för en bil med V2X-funktionalitet samt att det krävs ekonomisk kompensation för att låna ut elbilsbatteriet. Hur den ekonomiska kompensationen sker kan se olika ut.
- Tillit till tjänsteleverantören är viktigt för att användare ska dela personliga data.
- Batteridegradering är fortsatt en stor oro, men minskar i takt med att slutanvändare testar V2X-teknik. Kunden förväntar sig att få betalt för batteridegradering.
- Kontroll över och prioritering för mobilitetsbehovet är en grundförutsättning för att delta i V2X-tjänster.

6 Kommersiella initiativ inom V2X

Än så länge så är kommersiella erbjudanden för V2X väldigt begränsat, men det finns ett antal tidiga småskaliga kommersiella projekt samt ett större antal aviserade företagssamarbeten, där flera företag aviserat större uppskalning och utrullning i närtid. Det råder dock fortfarande osäkerhet kring i vilken omfattning och i vilken roll många fordonstillverkare kommer satsa på tekniken, då deras strategier inte är

offentliga. Dessutom är kommersiella förutsättningarna fortfarande inte helt klara då betalningsvilja för tekniken och hur batteripåverkan ser ut i olika användarfall fortfarande utforskas, även om utsikterna och resultat från senare projekt givit ytterst goda prognoser för båda faktorerna. Tre av de mer kända kommersiella projekten (utan offentligt stöd) är

- **”Mobilize Power” i Frankrike**
 - **Bakgrund:** Drivs tillsammans av Renault, Mobilize och The Mobility House sedan 2024. Lösningen är AC-baserad.
 - **Krav:** Erbjudandet gäller paketlösning med fordon och app från Renault samt laddare och elavtal med The Mobility House. Kräver egen rådighet över parkeringen (för villakunder).
 - **Affärsmodell:** Fast pris per kWh och V2G-bonus eller rabatt per inkopplad timme. Intäkter från stödtjänster tar marknadsaktörerna. Enligt uppgift kan man spara ca 600 euro per år med en genomsnittlig inkopplingstid på 16 timmar.
- **”Power Pack Bundle” i Storbritannien**
 - **Bakgrund:** Lanserades i Storbritannien 2025 av Octopus Energy, BYD och Zaptec. Lösningen är AC-baserad
 - **Krav:** Godkännande krävs från det lokala elbolaget. Kunden måste vara inkopplad 12 timmar per dygn minst 20 dygn i månaden samt ha elavtal hos Octopus Energy. Tjänsten går inte att kombinera med optimering av solceller och stationära batterier i dagsläget.
 - **Affärsmodell:** Octopus Energy hanterar optimering aggregering och elhandel. Kundens ersättning bygger på inkopplad till, upp till 620 pund årligen.
- **”Utrecht Energized” i Nederländerna**
 - **Bakgrund:** Skiljer sig mot andra kommersiella initiativ då fokus är på bildelningstjänster. Projektet är ett samarbete mellan We Drive Solar, My Wheels och Utrecht kommun. I ett första skede har 50 fordon och laddare rullats ut i staden. Tanken är att skala upp till 500 år 2026. Lösningen är AC-baserad.
 - **Krav:** Inga rapporterade krav på slutkunden, utan när bil används från bilpoolen är den helt enkelt inte tillgänglig för V2X.
 - **Affärsmodell:** Syftet är att hantera stora mängder förnybar energi och kapacitetsbrist i Utrecht. 500 fordon motsvarar ca 10 % av flexibilitetsbehovet i Utrecht-regionen. Siffror rörande intäkter för MyWheels är inte släppa men företaget har kommunicerat att tekniken inneburit en kostnadsänkning.

Utöver initiativen ovan har ett flertal kommersiella partnerskap kommunicerats

där företag har tagit konkreta steg för att testa tekniken eller aviserat att en kommersialisering ska ske förr eller senare. Aktörslandskapet rör på sig snabbt men i tabellen nedan ges en sammanställning av initiativ där fordonstillverkare etablerat samarbeten med företag för att testa eller lansera proprietära (alltså ej standardiserade) V2X-lösningar. De flesta har samarbetspartners för både laddare och elhandel, undantaget Tesla som vertikalt integrerar alla roller och inte finns med i listan.

Fordonstillverkare	Laddpunktstillverkare (CP-OEM)	Aggregator/Elhandlare
BMW	StarCharge (tillverkar BMW:s DC-laddpunkt)	E.ON (detaljhandelspartner för kommersiellt V2G-erbjudande)
BYD	Zaptec (AC bidirektionell wallbox Octopus Power Pack)	Octopus Energy (Powerpack V2G-tariff)
Ford	Ambibox (DC wallbox för V2H/V2G) Ford använder VW:s MEB-plattform, utvalda modeller	Octopus Energy (V2G-tariff för privatkunder)
Hyundai	We Drive Solar	Next Kraftwerke + KEPCO
Mercedes-Benz		The Mobility House (kommersiell V2G-leveranspartner)
Nissan	Wallbox (CHAdeMO DC wallbox for Octopus Power Pack) Nissan använder Renaults ampR-plattform, utvalda modeller	Octopus Energy (Powerpack V2G-tariff)
Renault	Mobilize PowerBox Verso (Renault-Nissan-Mitsubishi-allians)	The Mobility House (kommersiell V2G-leveranspartner)
Stellantis		Dreev (EDF Group) (EVVE-projekt)
Volvo	dcbel (DC wallbox för V2H, USA)	Vattenfall ("Gratis laddning"-initiativ för svenska kunder)
VW	CUBOS / Ambibox (DC wallbox för V2H)	Vattenfall + Dreev (EDF Group)

Tabell 2. Fordonstillverkare och aviserade partnersamarbeten.

6.1 Kostnader och teknikval

En viktig aspekt för slutkunden är vad priset för V2X-tekniken blir, inte minst i förhållande till hur värdefull tekniken bedöms vara att investera i. Det finns än så länge få laddare som är V2X-kompatibla och beställningsbara, dessutom är det inte alltid tydligt om installation och montering ingår i de angivna priserna eller ej. Baserat på den data som finns från projekt och tidiga kommersiella initiativ så ligger kostnader för DC-laddare för hemmabruk på ca 40 000 – 80 000 kr, medan AC-laddare ligger på ca 15 000 – 30 000 kr. Det kan ska då jämföras med en konventionell AC-laddare för hemmet som ligger någonstans mellan 7000–15000 kr. Prisskillnaden kommer sannolikt att krympa framöver, men den ska ställas i relation till vilka intäkter eller kostnadssänkningar som V2X-tekniken möjliggör. Priserna här exkluderar möjligheten till ö-drift, att kunna driva fastigheten utan det externa elnätet vid exempelvis strömavbrott, vilket kräver ytterligare teknik.

Valet av laddbox med växelström- eller likströmsteknik handlar primärt om var växelriktaren och den kraftelektronik som omvandlar DC till AC för elnätet ska sitta. Vid AC sker omvandlingen i bilen och vid DC i laddboxen, vilket är en del av förklaringen till prisskillnaden. En fördel med DC-laddning är att ansvarspunkten mot elnätet blir tydligare (i likhet med andra fasta installationer) Det gör det exempelvis enklare att uppfylla befintliga regler och nätkoder samt att det går att ladda och ladda ur med högre effekt. För AC blir kraven på certifiering, interoperabilitet och mjukvaruintegration högre då fordonet och laddboxen i nuläget behöver certifieras ihop för att uppfylla de nätkoder som krävs för att få mata in el i elnätet. En stor fördel med AC är dock att tekniken redan är dominerande i Europa, så tröskeln för att implementera V2X med AC-laddning är lägre. Pilottester och kommersiella initiativ testar båda teknikerna, där båda varianterna sannolikt kommer finnas i framtiden och samexistera.

En annan aspekt som påverkar både potentialen och användares syn på V2X är batterislitage. Enligt ”Nulägesanalys V2X” finns inte konsensus i forskningen kring hur stor påverkan V2X kommer ha på batteriet, där det sannolikt kommer skilja sig från olika användarfall och vilka systemtjänster tekniken används för. För användaren är självklart batterihälsan viktig, men även för fordonstillverkarna då det kan påverka vilka garantier man kan ge. I tidiga tester har flera fordonstillverkare satt egna begränsningar på antal kWh som får laddas ur. Dock ska sägas att flera svenska studier tyder på att påverkan från dubbelriktad laddning i de flesta användarfall blir begränsad och flera fordonstillverkare undersöker eller har aviserat att begränsningen på överförd energi kommer att kunna tas bort. På internationell nivå diskuteras att införa virtuell distans som ett koncept att mäta även annan batterianvändning som ”körda km” eller liknande, för att kunna inkludera tjänster som V2X i hållbarhetskrav för batterier.

7 Standarder och interoperabilitet

För att V2X ska kunna skalas upp i stor skala krävs standardiserade lösningar, då flera energisystemstjänster kräver flera aktörer, system och komponenter som samverkar för att tekniken ska fungera. Att det ska fungera oberoende av leverantör eller komponentval är det som brukar kallas interoperabilitet. En av de viktigaste standarderna är ISO15118 som är en standard för kommunikation mellan elfordon och laddare, där den senaste versionen ISO15118-20 är utvecklad för att stödja dubbelriktad laddning och mer komplexa energitjänster. Den senaste versionen -20 medför bland annat

- Inbyggt stöd för dubbelriktad laddning (både AC och DC)
- Autonom optimering och kontroll av effekt, spänning och frekvens.
- Regelefterlevnad för hur elfordonet som resurs får agera i elnätet (nätkoder).
- Förbättrad cybersäkerhet och säkrare transaktioner
- Mer dynamisk styrning utifrån både schemaläggning och realtidsstyrning

Standarden utvecklas även snabbt för att kunna möta framtidens behov, där nuvarande utkast fokuserar på att inkludera tunga transporter och mer avancerade nättjänster i standarden.

Utöver standardiseringsarbetet pågår flera initiativ för interoperabilitet på global nivå för att harmonisera datautbyte, kommunikation och nätkoder mellan laddare, fordon och elnät. Detta återigen för att tekniken ska kunna skalas upp på ett effektivt sätt, för att undvika för många proprietära lösningar på marknaden, samt för att undvika inlåsnings effekter. Några av dessa initiativ är IEAs Task 53 och Coalition of the Willing on Bidirectional Charging där man försöker harmonisera marknaden, röja hinder och skapa gemensamma visioner om dubbelriktad laddning framåt. Utmaningar som dessa initiativ adresserar är bland annat att uppfyllande av kommunikationsstandarderna inte räcker, då vissa delar av standarden är valbara och det således finns olika ”dialekter” av ISO15118-20. En annan utmaning kopplat till standarden är att det endast ställs krav på laddarna och inte på fordonen att uppfylla standarden. Andra utmaningar är att nätkoder implementeras olika i olika länder, vilket gör att det blir svårt för aktörer som är aktiva i flera länder eller elnät att skala upp sin teknik. Initiativen kommer också med flera konkreta åtgärder eller rekommendationer för att accelerera tekniken, till exempel borttagande av dubbelbeskattning för lagring, mer dynamiska prissignaler från elnätet, transparens kring datadelning i hela värdekedjan och snabbare installation av smarta elmätare. Slutligen är även kommunikationsstandarder mellan laddare och back-endsystem samt kund till elnätet viktiga, där senare versioner av dessa är förberedda för V2X och efterfrågefleksibilitet. De standarder som är aktuella här i Sverige är främst OCPP och OpenADR.

8 Regelverk på europeisk nivå

Utöver internationella standarder så finns det även regulatoriska instrument på europeisk nivå som påverkar utveckling och implementation av V2X-teknik i medlemsstaterna. Förordningar gäller direkt som svensk lag medan direktiv behöver tolkas och implementeras i svensk lagstiftning. Nedan följer en lista på relevanta regulatoriska instrument.

Instrument	Rättslig status	Kort beskrivning och källa	Relevans för V2X
RED III	Direktiv	Direktiv (EU) 2023/2413 – Reviderat förnybarhetsdirektiv [98]	Erkänner elbilar som decentraliserade energitillgångar; Artikel 20a föreskriver realtidsdelning av batteridata för att möjliggöra smart och dubbelriktad laddning
Omnibus IX	Förslag	Automotive Omnibus – COM(2025)993, del av EU:s förenklingsagenda (december 2025) [99]	Förenklar typgodkännande och banar väg för interoperabla V2G-tjänster.
Artikel 13a	Utkast	NC RfG 2.0 – Network Code on Requirements for Generators (ACER-rekommendation från mars 2023) [100]	Tekniska nätkodskrav för V2G-fordon som nätgeneratorer; Artikel 42 fastställer certifieringsarkitektur.
AFIR	Förordning	Förordning (EU) 2023/1804 om infrastruktur för alternativa bränslen [101]	Kräver ISO 15118-20 i nya (eller renoverade) laddare från 2027.
Electricity Market Reform	Förordning + Direktiv	Direktiv (EU) 2024/1711 & Förordning (EU) 2024/1747 [102]	Kräver dynamiska elprisavtal, inför 15-minutershandel fr.o.m. september 2025. Skapar prissignaler som kan bättre gynna V2G.
NC DR	Förslag	Network Code on Demand Response (ACER-förslag från mars 2025) [103]	Harmoniserar aggregatorers tillgång till el- och balansmarknader
EPBD	Direktiv	Energy Performance of Buildings Directive (reviderat 2024) [104]	Kräver visst antal laddpunkter samt fördragnings av kablage för EV-laddning vid nybyggnation och retroaktivt vid befintliga byggnader.

Tabell 3. Regulatoriska instrument med relevans för V2X. För mer information om respektive instrument kan man läsa mer i "Nulägesanalys V2X"

9 Användarperspektivet

Användarperspektivet och användarbeteenden är fortfarande ett område där kunskapen och forskningen är i ett tidigt skede. En konsumentundersökning från 2025 på europeisk nivå visar dessutom att majoriteten av bilförare inte ens vet vad V2G (eller V2X) är. Enligt en studie som försökt kartlägga forskning på användarperspektiv för V2X är de studier som gjorts hittills för geografiskt begränsade, för ytliga och med för få och för oerfarna användare. Det är svårt att dra realistiska slutsatser utan att ha med erfarna elbilsanvändare som mognat i sitt användarbeteende. Det som går att säga utifrån kartläggningen är att ekonomisk kompensation trots allt är den viktigaste faktorn för att delta i V2X, samt att ålder och kön är viktigare än makrofaktorer för villigheten att delta.

10 Resiliens

En intressant iakttagelse är att V2X-forskningen hittills haft olika drivkrafter i olika världsdelar. I Europa har fokuset varit främst att lösa nätutmaningar och leverera tjänster till elsystemet, medan länder som Japan och USA varit mer fokuserade beredskaps- och resiliensperspektivet med självförsörjning och förmåga att hantera elavbrott till följd av till exempel naturkatastrofer som jordbävningen i Japan 2011. Nissan har sedan dess etablerat samarbeten med flera kommuner för att kunna bidra med reservkraft. Även i USA har intresset blivit större och flera aktörer som Ford, GM och Tesla har utvecklat lösningar för att driva kundens hem vid strömavbrott. Det är inte otänkbart att resiliens- och beredskapsperspektivet kommer att öka i betydelse även i Europa mot bakgrund av upprustningen som sker efter starten av kriget i Ukraina.