

Elektrifiering av skogsbrukets vägtransporter

Analys av barriärer och möjligheter

Anna Pernestål, Gunnar Svenson, Oskar Gustavsson, Anders Eriksson



Bilder från workshoppar som genomförts i projektet, samt en bild på världens första elektriska timmerbil.

Innehåll

Förord	4
Summary	5
Sammanfattning	6
Bakgrund	7
Syfte	7
Metod	8
Litteraturstudie / omvärldsbevakning	8
Workshoppar med experter	8
Enkät	9
Energi- och effektberäkningar	9
Resultat	9
Litteraturstudie	9
Barriärer och möjligheter	9
Batterielektriska lastbilar är ett kostnadseffektivt sätt att göra transporter fossilfria	10
Påverkan på TCO	10
De nationella förutsättningarna påverkar ellastbilars konkurrenskraft	11
Teknikens och transportförutsättningarnas påverkan på BET-fordonens konkurrenskraft	12
Val av strategi för laddning	12
Bränslecellselektriska lastbilar	12
Pågående projekt med elektriska timmerbilar	13
Resultat från workshoppar med experter	13
Identifierade barriärer	13
Identifierade möjligheter	14
Orsakssamband	14
Resultat från enkät	16
Energi- och effektberäkningar	18
Energi- och effektförbrukning i medeltal	18
Energiförbrukning per kommun	19
Effektbehov på en mottagningsplats	19
Diskussion	22
Diskussion om barriärer och möjligheter	22
Diskussion om aktörer i systemet	23
Diskussion om energi- och effektbehov	23

Diskussion om metod	24
Framtida forskning och nästa steg	24
Slutsatser	25
Referenser.....	26



skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 20 september 2023 av Gert Andersson, programchef Driftsystem. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 28 september 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport har skrivits som en del i projektet “Accelerera elektrifieringen av skogsbrukets transporter”, som genomförts med stöd från Fordonsstrategisk Forskning och Innovation (FFI), Vinnova, under perioden mars - augusti 2023.

Partners i projektet var SCA, Stora Enso, Sveaskog, Södra Skogsägarna, Scania, LBC frakt i Värmland och CLOSER. Skogforsk var projektledare.

Utöver projektets partners var många fler organisationer involverade i workshoppar, och vi vill tacka alla de experter som har bidragit med stort engagemang vid dessa och delat med sig av sin kunskap, sina perspektiv, och sina insikter under projektets gång.

Projektgruppen genom Anna Pernestål, Uppsala september 2023

Summary

Road transport accounts for about 50% of forestry's CO₂ emissions, so a shift to fossil-free road transport is essential if the industry is to achieve its sustainability goals. Truck manufacturers have started to offer electric trucks with sufficient range and capacity for at least some forestry transportation. However, introducing electric trucks is not only about replacing one technology (diesel engine) with another (electric motor). The limited range presents logistical and planning challenges, and the need for charging links the transport system to the energy system. The vehicles are also more expensive to purchase, increasing the need for efficient use.

Electric trucks are gradually being introduced in forestry, and the first electric timber truck is now in operation. The forestry industry has an ambition to switch to fossil-free, electric transport, and the question is now: How do we do this in an efficient and long-term sustainable way?

This report summarises the findings of the feasibility study, "Accelerating the electrification of forestry transports". The project was a collaboration between Skogforsk, four forestry companies, a haulage company, Lindholmen Science Park, and Scania, and with the support of Vinnova FFI. Barriers and opportunities relating to electrification of forestry road transport have been explored through a literature study, workshops with industry experts, a survey, and calculations and simulations of energy and power requirements.

The literature identifies high investment cost, limited range, and low level of knowledge as the main barriers to electrification of heavy truck transportation. Reduced operating costs (within a few years) is identified as the biggest opportunity. Calculations show that, in most applications, cost parity with diesel can be expected within a few years. In the Swedish forestry industry, challenges related to planning and logistics are also identified. Concern is also expressed about the link to political decisions. The most important opportunity is fossil-free transportation.

Calculations show that about 50% of the transport work should be electrifiable using technology available within the next few years. One challenge is the availability of electrical energy and power, but the forest industry itself is a large net producer of electricity at energy plants, offering opportunities for charging.

Deployment and scaling up will be a dynamic process, and the challenges will change as the system is scaled up. Systems thinking is important, as are collaborative projects for implementation.

Sammanfattning

Vägtransporter står för ungefär 50 procent av skogsbrukets CO₂-utsläpp, så för att näringen ska nå hållbarhetsmålen är en omställning till fossilfria vägtransporter central. Lastbilstillverkarna har börjat erbjuda batterielektriska timmerekipage (lastbil och släpvagn) med tillräcklig räckvidd och kapacitet för åtminstone delar av skogsbrukets transporter. Att introducera elektriska lastbilar handlar inte bara om att byta en teknik (dieselmotor) mot en annan teknik (elektrisk motor). Den begränsade räckvidden ger utmaningar kopplade till logistik och planering, och behovet av laddning kopplar ihop transportsystemet med energisystemet. Fordonen är också dyrare i inköp, vilket ställer ökade krav på nyttjandet. Elektriska lastbilar har så smått börjat användas i skogsbruket, och den första elektriska timmerbilen har börjat köra. Branschen vill ställa om till fossilfria, elektriska transporter – nu är frågan: hur gör vi det på ett effektivt och långsiktigt hållbart sätt?

Denna arbetsrapport sammanfattar resultaten från förstudieprojektet ”Accelerera elektrifieringen av skogsbrukets transporter”, som genomförts tillsammans med fyra skogsbolag, ett åkeri, Lindholmen Science Park och Scania, och med stöd av Vinnova FFI. Barriärer och möjligheter med elektrifiering av skogsbrukets vägtransporter har utforskats genom en litteraturstudie, workshoppar med branschexperter, en enkät till branschen, samt beräkningar och simuleringar av energi- och effektbehov.

I litteraturen identifieras hög investeringskostnad, begränsad räckvidd, och låg kunskapsnivå som de största barriärerna för elektrifiering av tunga lastbilstransporter. En bättre driftsekonomi (inom ett par år) identifieras som den största möjligheten. Beräkningar visar att i flertalet applikationer kan kostnadsparitet med diesel förväntas inom ett par år. I den svenska skogsbranschen identifieras även utmaningar kopplade till planering och logistik. Det uttrycks även en oro för kopplingen till politiska beslut. Den viktigaste möjligheten är fossilfria transporter.

Beräkningar visar att omkring 50 procent av transportarbetet bör kunna elektrifieras med den teknik som kommer att finnas tillgänglig inom de närmaste åren. En utmaning är tillgången till elektrisk energi och effekt. Samtidigt är skogsindustrin själva en stor nettoproducent av el, just vid industrierna, vilket möjliggör laddning.

Utrullning och uppskalning kommer att vara ett dynamiskt förlopp, där utmaningarna förändras i takt med att systemet skalas upp. Systemförståelse är viktigt, men även samarbetsprojekt för implementationen.

Bakgrund

Vägtransporter står för ungefär 50 procent av skogsbrukets CO₂-utsläpp, så för att näringen ska nå hållbarhetsmålen är en omställning till fossilfria vägtransporter central. Lastbilstillverkarna har börjat erbjuda batterielektriska timmerekipage (lastbil och släpvagn) med tillräcklig räckvidd och kapacitet för åtminstone delar av skogsbrukets transporter. År 2023 presenterade exempelvis Scania en modell med ett batteri om 624 kWh och uppger upp till 250 km räckvidd vid 64 tons tågvikt (Scania 2023). Fordonsutvecklingen mot för batterielektriska fordon går snabbt mot längre räckvidder och högre tågvikter.

Medelavståndet för skogsbrukets transporter är drygt 90 km enkel väg (Davidsson m.fl. 2023), och ligger således inom gränserna för vad dagens batterielektriska timmerekipage klarar. Samtidigt är skogsbrukets transporter utmanande: behovet av flexibilitet är stort för att hantera varierande körmonster från olika avlägg i skogen, och det är inte ovanligt att oväntade situationer uppstår. Transporterna går ofta långt ut i vägnätets kapillärer, och i krävande terräng och väglag. Utmaningarna är många, men drivkraften till omställning är stor. Dock utgör vägtransporterna runt 40 procent av skogsbrukets kostnader, så det är viktigt att en omställning till fossilfria och elektriska transporter görs på ett kostnadseffektivt sätt.

Att introducera elektriska lastbilar handlar inte bara om att byta en teknik (dieselmotor) mot en annan teknik (elektrisk motor). Den begränsade räckvidden ger utmaningar kopplade till logistik och planering, och behovet av laddning kopplar ihop transportsystemet med energisystemet. Fordonen är också dyrare i inköp, vilket ställer ökade krav på nyttjandet. Utmaningarna kommer troligen också att vara olika i olika skeden av en omställning, när antalet elektriska lastbilar i flottan går från en till några, och från några till många.

Elektriska lastbilar har så smått börjat användas i skogsbruket, och den första elektriska timmerbilen har börjat köra (SCA 2022). Branschen vill ställa om till fossilfria, elektriska transporter – nu är frågan: hur gör vi det på ett effektivt och långsiktigt hållbart sätt?

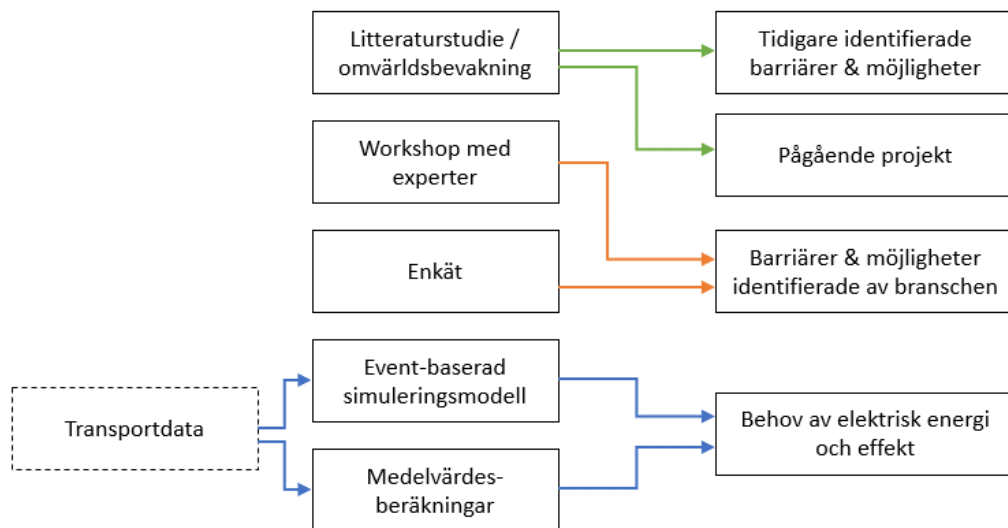
Syfte

Syftet med rapporten är att bidra till att underlätta omställningen till elektriska vägtransporter i skogsbruket genom att identifiera viktiga barriärer och möjligheter, som kommer att adresseras i kommande projekt. Mer precist har vi identifierat följande frågeställningar som belyses i rapporten:

1. Vilka barriärer och möjligheter med elektrifiering av tunga transporter generellt, och skogsbrukets transporter specifikt, finns sedan tidigare identifierade i forskningslitteraturen?
2. Vilka projekt med elektrifierade skogstransporter pågår internationellt?
3. Vilka barriärer och möjligheter med elektriska lastbilstransporter ser den svenska skogsbranschen?
4. Hur stort kan behovet bli av elektrisk energi respektive effekt på olika platser?

Metod

Flera olika metoder har kombinerats i projektet, se Figur 1.



Figur 1. Metoder som har använts i projektet.

Litteraturstudie / omvärldsbevakning

I litteraturstudien användes sökorden 'electric truck' i kombination med 'impact', 'total cost of ownership', 'barriers' samt 'forestry' i databasen Web of Science. Baserat på artiklarnas abstract och titel valdes de artiklar ut som ansågs relevanta för att ingå i litteraturstudien. Google användes för att identifiera projekt med elektriska skogstransporter.

Workshoppar med experter

Tre workshoppar arrangerades för att ge en djupare förståelse kring de upplevda barriärerna med elektrifiering. Totalt var det 76 deltagare i fyra workshoppar, med experter representerande olika organisationer, se Tabell 1

Tabell 1. Antal experter per typ av organisation (vissa experter deltog i flera workshoppar).

	Workshop 1	Workshop 2	Workshop 3	Workshop 4
Skogsbolag	6	5	5	5
Logistik/Åkeri	2	0	6	8
Fordonstillverkare/påbyggare	1	2	0	3
Laddning/Energi	0	3	0	2
Samverkan	1	1	3	1
Akademi	5	7	5	5
Totalt	15	18	19	24

Workshopparna strukturerades för att utforska barriärer och möjligheter, dels på kort sikt vid introduktionen av elektriska fordon, dels dynamiskt över tid och i takt med att teknik och verksamhet utvecklas och de elektriska fordonen utgör en allt större del av flottan. Innehållet i varje workshop beskrivs i Tabell 2. I workshop 1 och 3 användes så kallade "Script", det vill säga workshoprutiner för att utforska specifika frågeställningar, hämtade från Scriptapedia (Wikibooks 2022). Med orsakssamband avses hur utvecklingen av olika variabler påverkar varandra, och genom att beskriva dem får man en förståelse för hela systemet.

Tabell 2. Innehåll i workshopparna. Aktiviteter markerade med * genomfördes med hjälp av script från Scriptapedia.

Workshop 1	Workshop 2	Workshop 3	Workshop 4
Förhoppningar & orosmoln* Identifiera variabler* Identifiera orsakssamband*	Utveckling av hypotetiska case	Förhoppningar & orosmoln* Identifiera variabler*	Fördjupad dialog om barriärer, möjligheter, och orsakssamband

Enkät

För att komplettera workshoppar med en bredare bild av vilka barriärer som uppfattas genomfördes en enkät bland deltagare på mässan Mittia Skogstransport i augusti 2023. Enkäten innehöll endast ett fåtal frågor, med förhoppningen att få frågor skulle öka svarsfrekvensen. Antalet svar var 23 st.

Energi- och effektberäkningar

För att beräkna el- och effektbehov vid olika platser och tidpunkter gjordes effektberäkningar på två sätt. Dels med medelvärdesberäkningar för att förstå energi- och effektbehovets fördelning över landet, dels med en eventbaserad simulering för att få en bild av hur effektbehovet kan variera över ett dygn på tre olika mottagningsplatser. Simuleringsmodellen är beskriven i detalj av Werre (2023).

Resultat

Litteraturstudie

Barriärer och möjligheter

I litteratursökningen identifierades endast en artikel som berör elektrifiering av skogsbrukets transporter specifikt: Larenas-Barra m.fl. (2022) ställer sig frågan om elektrifiering i skogsbruket i Chile är rimlig, och har gjort semi-strukturerade intervjuer med nio personer i ledande positioner för att svara på den. Författarna konstaterar att kunskapsnivån är låg, men att viljan att göra piloter är stor.

60 procent av de tillfrågade anger ekonomisk hållbarhet som den viktigaste möjligheten med elektrifiering, medan 25 procent anger miljömässig hållbarhet. Laddning, fordonsprestanda, och avsaknad av pilot-initiativ och utrustning uppges som de största barriärerna för implementering av elektriska lastbilar i Chiles skogstransporter.

De barriärer, som i litteraturen i övrigt kring elektrifiering av tunga transporter identifieras som störst, är **hög investeringskostnad** (Anderhofstadt & Spinler 2019; Tanco m.fl. 2019; Qasim & Csab 2021; Gillström m.fl. 2023), **kort räckvidd**/dålig fordonsprestanda (Anderhofstadt & Spinler 2019; Larenas-Barra m.fl. 2022), **låg kunskapsnivå** (Larenas-Barra m.fl. 2022; Gillström m.fl. 2023), samt att terminaler inte är gynnsamt placerade för batteridrift (Qasim & Csab 2021). Vidare noterar Qasim och Csab (2021) att **driftskostnaden** (TCO, Total Cost of Ownership¹) ofta **överskattas**, det vill säga att praktikerna tror att batterielektriska lastbilar (BET, Battery Electric Truck) är dyrare än det *de facto* är (beräknas vara). Ytterligare en barriär som identifierats i litteraturen är att med BET blir **systemet mer komplext** än med bara diesellastbilar (Malladi m.fl. 2022; Gillström m.fl. 2023).

Den viktigaste potentialen med elektrifiering av tunga transporter som identifieras är möjligheten till **bättre driftsekonomi** (TCO) på sikt (Anderhofstadt & Spinler 2019; Larenas-Barra m.fl. 2022; Gillström m.fl. 2023).

Batterielektriska lastbilar är ett kostnadseffektivt sätt att göra transporter fossilfria

Flera studier i olika kontexter och tillämpningar har gjorts för att beräkna totala driftskostnaden (TCO) av batterielektriska lastbilar (BET). Även om meningarna om TCO för BET med stationär laddning delvis går isär så råder en enighet om att BET är den mest kostnadseffektiva tekniken för att nå fossilfrihet inom transporter (Gunawan & Monaghan 2022; Vilchez m.fl. 2022). I en livscykelanalys (LCA) där lastbilstransporter i Norge analyseras visar Booto (2021) att BET är ett bättre val än bränslecellselektriska lastbilar (FCET, Fuel Cell Electric Truck) och diesellastbilar (DT, Diesel Truck) i nästan alla aspekter. Med norsk energimix förväntas BET minska utsläppen av växthusgaser med 68 procent jämfört med DT (Booto m.fl. 2021).

Påverkan på TCO

Flera artiklar jämför TCO för BET jämfört med andra (fossilfria) tekniker. De faktiska beräkningarna varierar dock, och är till stor del beroende på typen av drift och en rad olika antaganden om kostnader. Dock kommer en klar majoritet av artiklarna fram till att TCO för BET inom närmaste åren kommer vara lägre än eller i ungefär samma storleksordning som DT (till exempel Mareev m.fl. 2018; Al-Hanahi m.fl. 2021; Bhardwaj & Mostofi 2022). En översikt över de faktorer som har pekats ut att ha störst påverkan på konkurrenskraften för BET-fordon redovisas i Tabell 3.

¹ I detta avsnitt som refererar till litteraturstudien används vissa engelska förkortningar, för att vara konsistent med forskningslitteraturen som är skriven på engelska.

Sammanfattningsvis kan de fyra viktigaste faktorerna beskrivas som:

- 1) **Köruppdraget** – kortare transportsträckor, men med många/frekventa transportuppdrag ger lägre TCO.
- 2) **Batteriets storlek och pris**, och i synnerhet pris per kWh för batteriet.
- 3) **Elpris och bränslepriser.**
- 4) **Laddinfrastruktur**, kostnad och täthet.

Tabell 3. Faktorer som beskrivs ha stor påverkan på TCO för BET.

Författare	Parametrar med störst påverkan på TCO	Kommentar
Alp m.fl. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Densitet i efterfrågan på transporter • Batteristorlek (batteripris) • Täthet laddstationer 	TCO blir inte lägre med större batteri, även om man behöver färre laddstationer, eftersom man behöver köra omvägar för att stanna och ladda
Gunawan och Monaghan (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Kostnad för laddinfrastruktur (BET) • Bränslekostnad (övriga drivlinor) 	Artikeln jämför TCO för olika typer av drivlinor
Noll m.fl. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Bränslekostnader • Tullar • CAPEX-subventioner 	Europa
Mauler m.fl. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Transportsträcka • Batteriteknik (kostnad/vikt) 	USA
Tanco m.fl. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Batteripris • Diesel- och elpris 	Latinamerika, det skiljer ca 10 år mellan olika länder i paritet
Vijayagopal och Rousseau (2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Daglig körsträcka • Batteristorlek i förhållande till körsträcka 	
Phadke m.fl. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Elpris 	Texas, Kalifornien

De nationella förutsättningarna påverkar ellastbilars konkurrenskraft

Kostnadsbilden när man jämför tekniker/drivlinor varierar mycket beroende på nationella kontexter såsom skatter, energi- och dieselpriser samt subventioner (Li & Kimura 2021; Noll m.fl. 2022). Noll m.fl. (2022) visar att i Europa är det tydligt att Schweiz, som har generellt högre bränslepriser och elpriser samt ett annat skattesystem, sticker ut. I Schweiz är BET den teknik som har klart lägst TCO för tunga lastbilar i långväga transporter. I Tyskland, Nederländerna och Norge, ligger BET kostnadsmässigt i paritet med DT, medan i exempelvis Sverige, Italien och Spanien har BET fortfarande något högre TCO än DT. Tanco m.fl. (2019) studerar förutsättningarna i olika länder i Latinamerika, och drar slutsatsen att för att där nå kostnadsparitet mellan BET och DT skiljer det omkring tio år mellan olika länder, beroende på de olika förutsättningarna, bland annat för bränslepriser och skattesystem.

Teknikens och transportförutsättningarnas påverkan på BET-fordonens konkurrenskraft

I flera studier är BET (nästan) i paritet med diesel i flera driftfall (Hao m.fl. 2022; Mauler m.fl. 2022; Noll m.fl. 2022), i synnerhet när transportsträckorna är relativt korta och densiteten på transportefterfrågan är hög i ett område. Samtidigt lyfter flera författare fram nödvändigheten av ytterligare teknikutveckling för att nå kostnadsparetet i transportuppdrag som är längre och tyngre. Främst handlar det om utveckling mot både lägre batteripriser och -vikter (Cunanan m.fl. 2021; Mauler m.fl. 2022). Hao m.fl. (2022) identifierar faktorer som relaterar till människors inställning till elektrifiering. Dessa gör att TCO för BET upplevs högre, exempelvis på grund av räckviddsångest och minskad förmåga att utföra uppdrag. För BET ger dessa faktorer ett påslag på upplevd TCO med omkring 50 procent, vilket gör att BET uppfattas som mycket dyrare än DT.

I flera studier identifieras "rightsizing" av batteriet som en mycket viktig faktor för att BET ska vara kostnadseffektiv (Vijayagopal & Rousseau 2021; Alp m.fl. 2022; Hao m.fl. 2022). Rightsizing betyder att man använder ett batteri som är storleksmässigt anpassat efter körsträckan. Alp m.fl. (2022) visar att det är mer kostnadseffektivt med ett mindre batteri (300 kWh jämfört med 1000 kWh) och en relativt tät laddinfrastruktur, än att ha ett större batteri och längre mellan laddstationerna. Anledningen är att det längre avståndet mellan laddstationerna medför att man ofta behöver köra omvägar för att ladda samtidigt som lastvikten minskar med ett stort och tungt batteri.

För att skynda på omställningen till fossilfria godstransporter behövs fokus på samarbeten och utveckling av nya affärsmodeller som kan leda till ett snabbt upptag av nya tekniker och processer (Meyer 2020) samt fler subventioner och policys som stöttar en omställning (Vilchez m.fl. 2022).

Val av strategi för laddning

Speth och Funke (2021) jämför TCO för batterielektriska fordon med olika typer av laddning: elväg (Electric Road System, ERS), batteribyte (Battery Swapping, BS) och BET med stationär laddning. De noterar att TCO är ungefär likvärdig för de tre teknikerna i ett uppskalat system. Dock kommer ERS att kräva en mycket stor investering i infrastruktur som betalar av sig först när fler än 600 fordon är anslutna. För BET och BS räknar Speth och Funke (2021) med att det räcker med fem respektive sju fordon som delar infrastruktur för optimal delning av kostnaderna.

Tillgång till laddinfrastruktur är en nödvändig förutsättning för elektrifiering, men den är utmanande att förstå eftersom det finns många olika strategier för laddning – i depå, längs vägen, på destinationen – och som alla får olika konsekvenser på TCO och nyttjande av BET. Alp m.fl. (2022) modellerar besluten hos en firma som samtidigt investerar i elektriska lastbilar och i egen laddinfrastruktur. Forskarna visar att om man har tillräckligt hög täthet i transportefterfrågan (det vill säga många transportuppdrag inom samma geografiska område) är det lönsamt att transformera till BET.

Bränslecellselektriska lastbilar

Bränslecellselektriska lastbilar (Fuel Cell Electric Truck, FCET) har flera driftsmässiga fördelar, som att fordonen är lättare än BET och har längre räckvidd, vilka gör att tekniken är intressant för skogsbrukets transporter, även om tekniken idag är dyrare än BET (Li & Kimura 2021; Anselma & Belingardi 2022; Noll m.fl. 2022). Vissa studier förutspår att omkring år 2030 förväntas tekniken ha utvecklats så pass mycket att den är konkurrenskraftig med BET i en europeisk kontext (Anselma & Belingardi 2022).

I USA beräknas FCET vara konkurrenskraftigt jämfört med BET för längre transportsträckor, över 750 km, eftersom man inte behöver stanna och tanka, och eftersom lastkapaciteten är högre (Mauler m.fl. 2022). I Sydostasien har FCET idag runt 3-4 gånger så hög TCO som BET, men redan 2030 förväntas TCO för FCET ha sjunkit till omkring dubbelt så hög som för BET (Li & Kimura 2021).

Pågående projekt med elektriska timmerbilar

Världens första elektriska timmerbil körs i Sverige, och togs i drift av SCA i juli 2022, och är tillverkad av Scania (SCA 2022). Fordonet, som är en gruppbil (en timmerbil utan egen kran för lastning av virke) kör upprepade rutter mellan en järnvägsterminal i Umeå och massabruket i Obbola, en sträcka som är cirka 30 km lång tur och retur. I mars 2023 användes bilen också för första gången för att hämta timmer i skogen.

Den andra elektriska timmerbilen togs i drift i Australien i februari 2023. Den körs av Fennell Forestry, och tillverkad av Janus Electric (Bradbook & Adamo 2023). Fordonet är en diesebil som konverterats till elektrisk drift. Den har en räckvidd på 400–500 km, och använder sig av tekniken ”battery swapping”, det vill säga batteribyte, för att minska stilleståndstiden vid laddning.

I maj 2023 annonserade Volvo att man avser att testa en elektrisk timmerbil i Skottland tillsammans med James Jones & Sons och Scotlog Haulage (Stuart 2023). Det saknas dock information om när detta fordon faktiskt förväntas tas i drift.

Resultat från workshoppar med experter

Identifierade barriärer

De barriärer som utkristalliserade sig som de viktigaste under arbetet i de fyra workshopparna var (utan inbördes ordning):

- Att ett **nätverk av laddinfrastruktur etableras**, och att utvecklingen av detta går i takt med utrullningen av elektriska fordon, annars kommer den att begränsa utvecklingen. En barriär är de investeringar som kommer behöva göras. Ytterligare en barriär är att det är oklart vem som har/ska ta ansvaret för etableringen av nätverket – enskilda åkerier, enskilda skogsbolag, branschen gemensamt, energibolag eller ett tredjepartsbolag.
- Att fordonens begränsningar i räckvidd, och tid som behövs för laddning, kan leda till **utmaningar i planering och fordonsutnyttjande**, vilket i sin tur kan leda till ökade kostnader för transporter.
- Att fordonens kapacitet är mycket sämre vid lägre temperaturer på **vintern**.
- Att kostnadseffektiviteten för elektriska lastbilar är **sammanvävd med politiken**, och politiska förutsättningar kan ändras med relativt kort framförhållning, beroende på exempelvis valresultat. Politiskt relaterade osäkerheter som togs upp av experterna inkluderar exempelvis: (När) Kommer en km-baserad skatt introduceras för elektriska fordon? Kommer alternativa bränslen / andra tekniker att subventioneras? Eftersom stora investeringar behöver göras både i laddinfrastruktur och fordon kan konsekvenserna bli stora om man satsar på ”fel” teknik, det vill säga en teknik som inte långsiktigt stöds av politiska beslut.

Flera av aktörerna har tidigare erfarenhet av att satsa på miljödrivmedel som subventionerats, exempelvis gas och etanol. Politiska beslut upplevs ha ändrat förutsättningarna för dessa med kort varsel. Dessa erfarenheter medför en viss försiktighet i att ta sig an nya, alternativa lösningar.

- Osäkerhet kring **om transporterna kan utföras på samma sätt som idag**, med tanke på begränsning i räckvidd och stillestånd i samband med laddning. Hur mycket behöver planering och logistikupplägg göras om, och i så fall hur?
- Att det är ett nätverk av **många sammankopplade aktörer**, som alla behöver följas åt och gå i takt i omställningen. Redan idag är många aktörer sammankopplade, inte minst för att logistikföretag/åkerier kör för flera transportköpare/skogsbolag samtidigt som varje transportköpare/skogsbolag köper tjänster från flera logistikföretag/åkerier. I och med elektrifieringen tillkommer sedan ytterligare nya aktörer – energibolag, laddinfrastruktur, drift av laddplatser mm.
- **Nya kompetenser** som kommer behövas, dels inom elteknik, dels inom planering.
- Att tekniken ännu inte är prövad i skogsbruket gör att det finns stora osäkerheter och därmed kostnader kopplade till detta. Dessa kostnader är per definition mycket svåra att uppskatta och ta höjd för.
- Tillgång till tillräckligt mycket el och effekt på rätt platser vid rätt tidpunkt för effektiv laddning.

Identifierade möjligheter

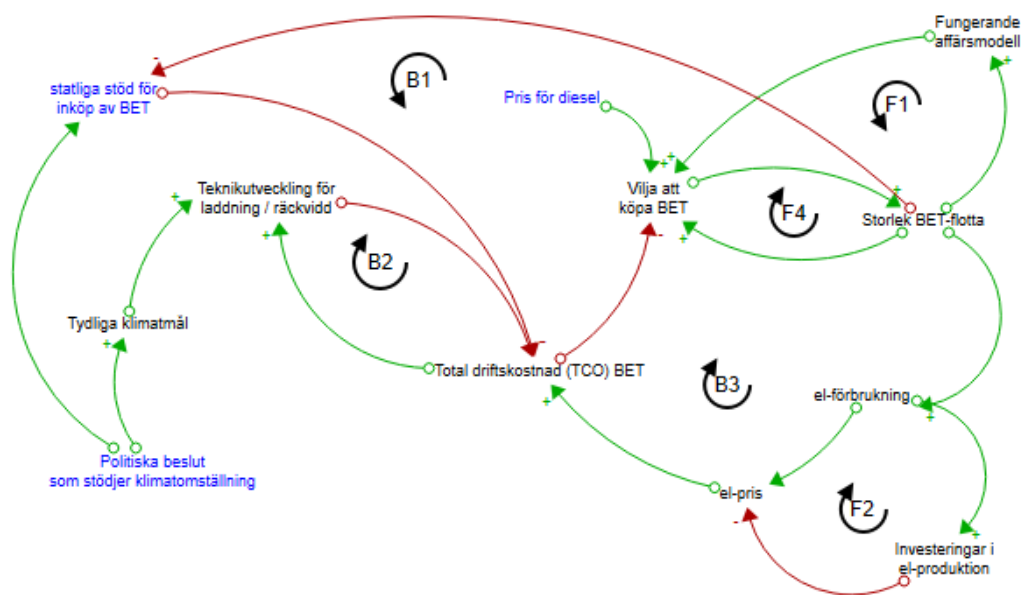
De möjligheter som utkristalliserade sig som de viktigaste under de fyra workshopparna var (utan inbördes ordning):

- **Lägre klimatpåverkan** och minskade utsläpp, och därmed att kunna nå uppsatta klimatmål.
- **Lägre driftskostnad** (inom ett par år).
- Möjligheten att kunna bli mer **självförsörjande på energi**, dels inom (skogs)bolag, dels inom Sverige, och på så sätt bli mindre beroende av internationella oroligheter och prisvariationer.
- **Ökad konkurrenskraft** i svensk skogsindustri genom att kunna erbjuda fossilfria produkter.
- **Möjlighet att tänka om** och kunna ifrågasätta etablerade ”sanningar”. Att i förändringarna få in ett mer värdefokuserat tankesätt.
- En **bättre arbetsmiljö** för förare. Ändrade **värderingar** kring lastbilsförar-yrket, att det uppfattas som mindre ”macho”, vilket kan öppna för fler kvinnor inom yrket.

Orsakssamband

I Figur 2 visas ett urval av orsakssamband som identifierades på workshopparna. Det ska noteras att dessa grafer inte är kompletta, utan snarare belyser ett urval av viktiga orsakssamband som kommer att påverka utvecklingen av elektriska fordon. I figuren visar pilarna riktningen på orsakssambandet.

En grön pil (även markerad med ett +) mellan variabel A och B betyder att om A ökar (minskar) så ökar (minskar) B. En röd pil (även markerad med ett -) mellan A och B betyder att om A ökar (minskar) så minskar (ökar) B. I grafen bildas slutna loopar. Dessa loopar beskriver grundläggande dynamik i systemet och kan antingen vara balanserande (markerade med B) eller förstärkande (markerade med F). Variabler som styrs av politiska beslut är skrivna i blått.



Figur 2. Urval av orsaks samband som identifierades under workshoppar.

De loopar som identifierats i Figur 2 är:

1. (B1) **Statliga stöd stöttar marknaden.** Statliga stöd för inköp av BET minskar den totala driftskostnaden för BET. Minskad driftskostnad ökar viljan hos företag att köpa BET, vilket ökar BET-flottans storlek. När BET-flottans storlek ökar så minskar incitamenten för att ge statliga stöd.
2. (B2) **Teknikutveckling.** Teknikutveckling minskar driftskostnaderna, och minskade driftskostnader minskar pressen på teknisk utveckling.
3. (B3) **Tillgång och efterfrågan på el.** Minskad driftskostnad ökar viljan att köpa BET, vilket ökar flottans storlek. Detta ökar elförbrukningen, vilket ökar elpriserna som leder till ökade driftskostnader.
4. (F1) **Affärsmodell som stödjer BET.** Med en väl fungerande affärsmodell för BET ökar incitamenten att köpa BET, vilket ökar BET-flottans storlek, vilket ökar möjligheterna att etablera fungerande affärsmodeller.
5. (F2) **Efterfrågan ökar elproduktionen.** När elförbrukningen ökar så ökar investeringar i elproduktion, vilket minskar elpriserna. Detta minskar driftskostnaderna vilket ökar incitamenten för att köpa BET, och BET-flottans storlek ökar.
6. (F3) **”Word of Mouth”.** När BET-flottans storlek ökar, ökar nyfikenheten och tryggheten hos de som ännu inte investerat i BET, vilket ökar viljan att investera i BET. Denna utveckling kallas ofta för ”word of mouth” i litteraturen, och är ett välkänt fenomen i litteratur som beskriver marknadsupptaget av nya produkter.

Det bör noteras att Figur 2 endast visar ett urval av de relationer och orsakssamband som påverkar implementeringen av elektrifierade lastbilar. Trots det är det tydligt att omställningen till elektrifierade lastbilar i skogsbrukets transporter i allra högsta grad är dynamisk och utvecklingen kommer att se olika ut över tid. Det är även tydligt att politiska beslut har en påverkan på både starten av omställningen, och hur snabbt den kan accelerera. För att skapa en djupare förståelse för systemets utveckling behöver en mer komplett modell byggas, och implementeras matematiskt.

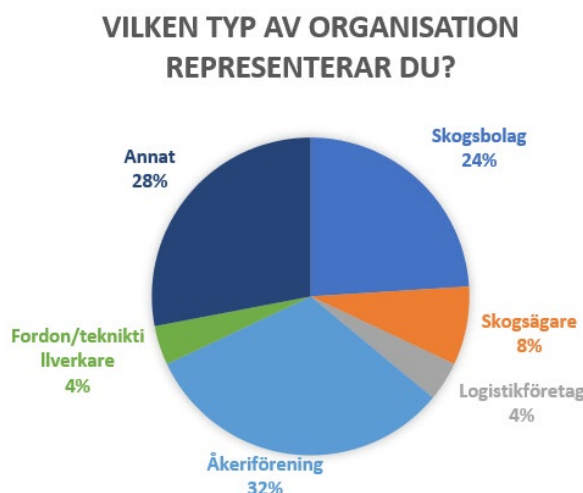
De dynamiska frågeställningar som identifierades av experterna som viktiga att utforska vidare och förstå inför en omställning till elektrifierade transporter var:

1. Vilken påverkan har politiskt/statligt/finansiellt stöd för omställning?
2. Hur ser relationen ut mellan teknikutveckling (som medför lägre fordonspriser och längre räckvidd) och utveckling av TCO (kostnader för åkeriet och transportköparen) ut?
3. Hur ser relationen ut mellan elektrifiering av större del av flottan och elpriserna? Kommer elektrifiering att leda till elbrist och högre elpriser?
4. Vilken påverkan har dieselpriiserna på omställningen? Kan högre dieselpriiser accelerera omställningen och kan lägre dieselpriiser bromsa den?
5. Hur kan vi säkerställa en utveckling av affärsmodeller som går i takt med elektrifieringen, och inte bromsar utvecklingen?

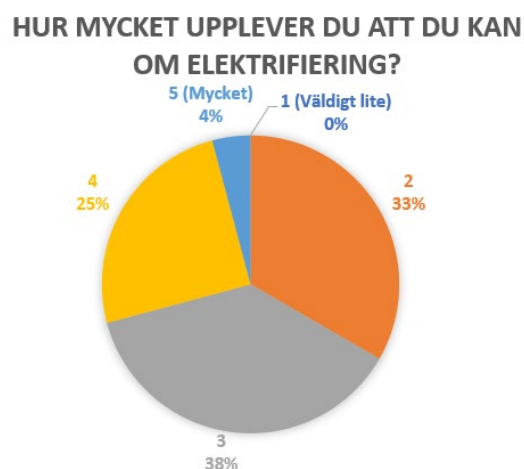
Hur ser relationen ut mellan tillgång till laddning/täthet på laddning, räckvidd, och andel av elektrifierade fordon i flottan?

Resultat från enkät

Resultat från enkäten som genomfördes på Mittiamässan i augusti 2023 visas i Figur 3-6 nedan. 60 procent av respondenterna svarade att fossilfrihet var en fördel med elektrifiering, medan övriga alternativ var relativt jämnt fördelade. De viktigaste hindren som identifierades var att fordonspriset är för högt, följt av att det blir för krångligt att planera och att fordonen inte har tillräcklig räckvidd.

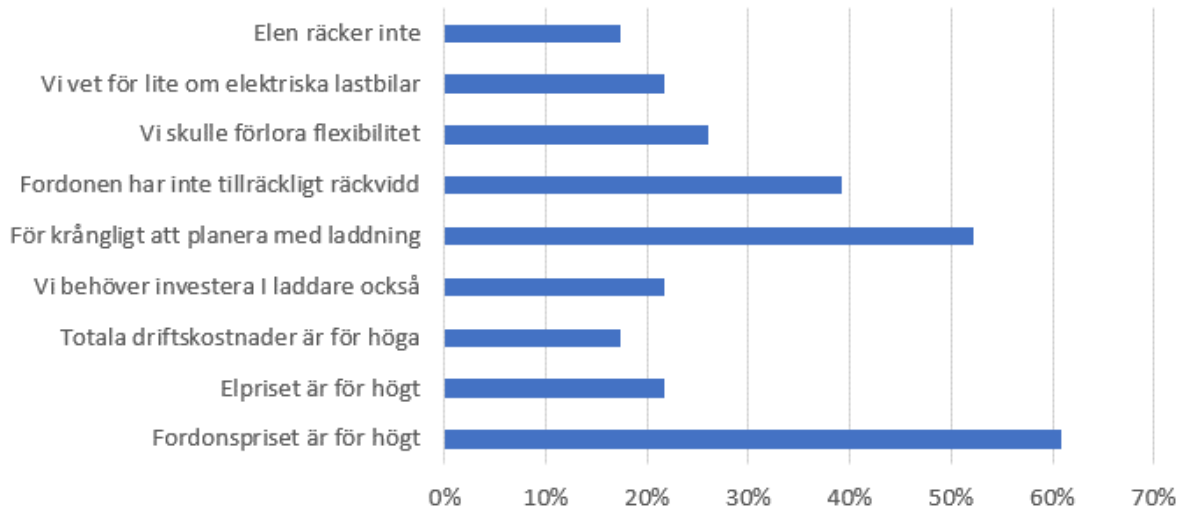


Figur 3. Respondenternas fördelning mellan olika typer av organisationer.



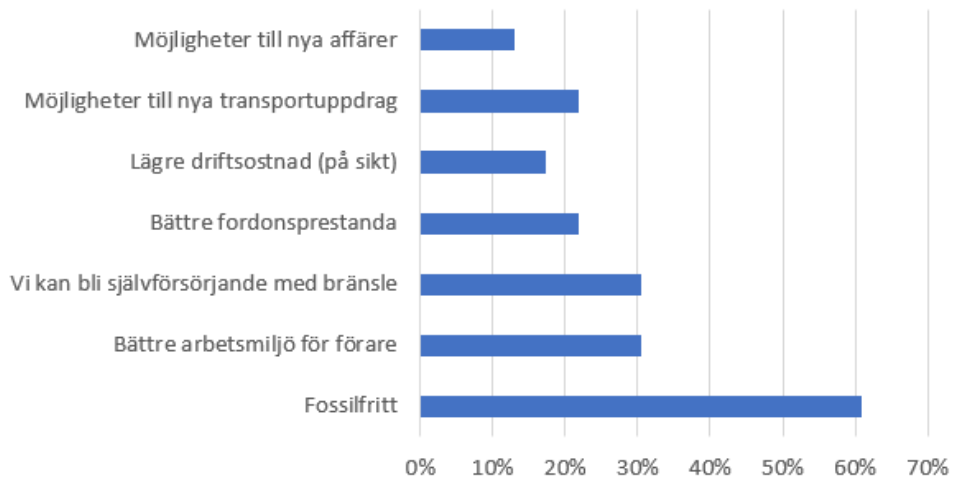
Figur 4. Respondenternas självskattning av kunskap om elektrifiering.

Vilka är de största hindren med elektrifiering?



Figur 5. De viktigaste fördelarna med elektrifiering, enligt enkätstudie genomförd augusti 2023.

Vilka är de största fördelarna med elektrifiering?



Figur 4. De största hindren för elektrifiering, enligt enkätstudie genomförd i augusti 2023.

Energi- och effektberäkningar

I detta avsnitt studerar vi översiktligt energi- och effektbehoven för elektrifiering av skogsbrukets godstransporter från tre perspektiv: nationellt medelvärde, årsförbrukning per mottagningsplats och per kommun, samt effektbehovet över dygnet vid tre utvalda mottagningsplatser.

Energi- och effektförbrukning i medeltal

I detta avsnitt beräknas nationella medelvärden för energiförbrukning och laddeffekt. Då det är stora variationer i hur transporter utförs, och hur stora mottagningsplatserna är, ska dessa värden inte tolkas som bokstavliga sanningar, utan snarare ge inriktningar. Resultaten sammanfattas i Tabell 4.

Tabell 4. Sammanfattning av värden för energi- och effektförbrukning i medeltal för skogsbrukets transporter.

Parameter	Värde
Total energiförbrukning för skogsbrukets transporter	790 GWh/år
Medelenergiförbrukning per mottagningsplats	1,65 MWh/år och avlastningsplats
Medelenergiförbrukning per fordon	1889 kWh/dygn
Medeleffekt för att ladda (om all tid fordonet inte körs kan användas för laddning)	222 kW

Total energiförbrukning. Enligt Davidsson m.fl. (2023) utfördes år 2020 cirka 284,5 miljoner fordons-km (inkl. tomkörning). Med en genomsnittlig energiförbrukning på 2,5 kWh/km och en verkningsgrad på 90 % ger detta en total energiförbrukning på $(284,5 * 2,5) / 0,9 = 790,28$ GWh per år. Detta motsvarar cirka 4,4 % av skogsindustrins totala elförbrukning, som är ca 18TWh per år (Skogsindustrierna 2021), eller drygt 10 % av den el som produceras av skogsindustrin.

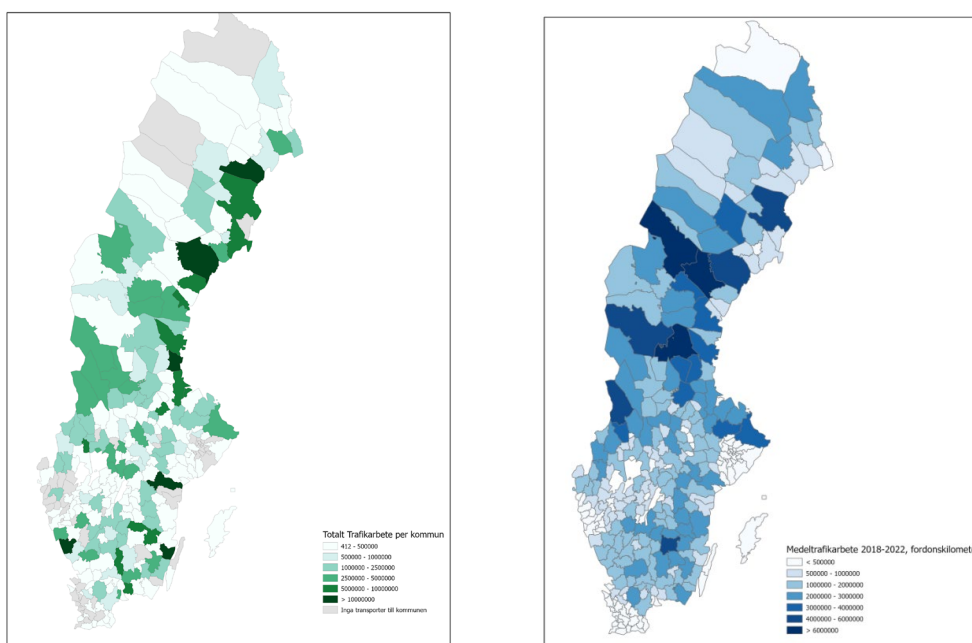
Energibehov per mottagningsplats i medeltal. Det finns cirka 2000 mottagningsplatser i Sverige (inklusive terminaler). Om all laddning sker på dessa platser blir energiåtgången i medeltal $790,28 * 10^6 / 2000 = 395$ MWh per avlastningsplats och år. Om transporter sker 240 dagar/år blir energibehovet $395 * 10^3 / 240 = 1,65$ MWh/dag och avlastningsplats. Detta är dock ett medelvärde, och vi bör notera att storleken på avlastningsplatser varierar kraftigt.

Medeleffekt per bil. En timmerbil som kör 160 000 km/år, har förbrukning på 2,5 kWh/km och används 240 dagar per år förbrukar $160\ 000 * 2,5 / 240 = 1\ 700$ kWh/dygn. Med en verkningsgrad på 90 % på laddaren behövs effekten $1\ 700 / 0,9 = 1889$ kWh/dygn. För att nå årsproduktionen 160 000 km antas att fordonen i genomsnitt körs i 1,5 skift. Det gör att det finns $24 - (9 + 4,5) = 8,5$ timmar tillgängliga för laddning. Det ger att en **medelladdeffekt på $1889 * 10^3 / 8,5 = 222$ kW behövs** per fordon, förutsatt att all tid fordonet inte körs kan nyttjas till laddning. I verkligheten begränsas tiden för laddning ytterligare, exempelvis på grund av tillgång till laddpunkt samt tid för service och underhåll.

Energiförbrukning per kommun

Ett sätt att uppskatta energiförbrukningen, och förstå hur laddningsbehovet är spritt över landet är att studera den energi som går åt för att transportera virket till (från) en kommun: Energiförbrukningen per kommun = totalt antal fordonskm för att frakta till (från) mottagningsplatsen*energiförbrukning per km i genomsnitt. För att beräkna trafikarbetet (fordonskm) har vi gjort antaganden om medellast per sortimentsgrupp samt lastkörningsgrad, se även Davidsson m.fl. (2023). Det är möjligt att medellastet eller lastkörningsgraden är bättre eller sämre i en viss region (eller för den delen till en viss mottagningsplats), vilket kommer göra att skattningarna blir fel.

Figur 7 visar energiförbrukning för trafikarbetet från skogsbrukets transporter in till respektive ut från Sveriges kommuner. Under antagandet att lastbilarna laddar i närheten av upphämtningsplatsen och/eller mottagningsplatsen så ger detta en indikation på var energi och effektbehoven kommer att vara som störst.



Figur 5. Energiförbrukning för skogstransporter in till Sveriges kommuner (vänster) och ut från Sveriges kommuner (höger). Mörkare grön/blå färg indikerar större transportarbete.

Effektbehov på en mottagningsplats

För att analysera hur behovet av effekt för laddning kan variera över ett dygn skapades en händelsestyrd simuleringsmodell. Modellen gjordes stokastisk för att fånga in de variationer som dagligdags uppkommer med kösituationer och oregelbundna ankomsttider. Modellen och resultaten är beskrivna i detalj i Werre (2023), och i detta avsnitt återges endast en sammanfattning av ett urval av resultaten.

Simuleringsmodellen använder verkliga data för att beskriva transporter till två massaindustrier och en terminal, samt den energi de förbrukar för att utföra dessa transporter. I Tabell 5 visas en översikt över de parametrar som använts i studien. Med dessa parametrar beräknas maximal räckvidd till 228 km. I simuleringarna antas alla transporter med kortare transportavstånd (tur och retur) än 228 km köras elektriskt.

Transportuppdragen är antingen från skogen eller från terminal, och om fordonens batterinivå (state-of-charge, SOC) är lägre än 50 % (transporter från skogen) respektive 20 % (transporter från terminal) så antas de stanna vid mottagningsplatsen och ladda upp batterinivån till 80 %.

Tabell 5. Parametrar använda i simulering av laddningsbehov

Parameter	Värde	Enhet
Energikapacitet lastbilsbatteri	468	kWh
Energiförbrukning, lastad lastbil	2,5	kWh/km
Energiförbrukning olastad lastbil	1,5	kWh/km
Lastkörningsgrad	55	%
Lastvolym timmerbil	50	m ³

Fyra olika scenarier studerades, se Tabell 6. För samtliga scenarier kördes modellen tio gånger, och effektbehovet och en rad andra resultat beräknades som medelvärden över dessa tio simuleringar. I Tabell 7 visas resultatet för scenario 1 vilket tydligt visar att laddutmaningen beror på aktuell kontext vilket motiverar att varje industri eller terminal analyseras individuellt.

Tabell 6. Översikt över simulerade scenarier.

	Laddeffekt	Antal laddare	Andel elektrifierade transporter
Scenario 1	375 kW	Obegränsat	>228 km
Scenario 2	1000 kW	Obegränsat	>228 km
Scenario 3a, 3b	375 kW	2 (A) resp. 3 (B)	>228 km
Scenario 4	375 kW	Obegränsat	30 % kortaste

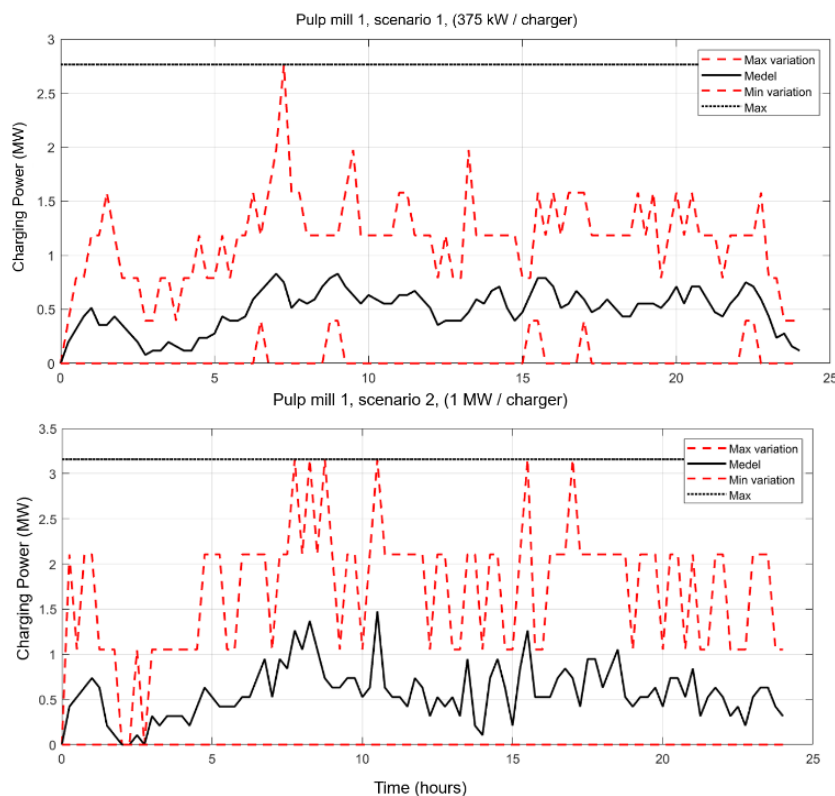
Tabell 7. Översikt resultat i scenario 1, med 375 kW laddpunkter.

Parameter	Industri 1	Industri 2	Terminal 1
Max effektbehov (MW)	1,89	2,53	3,16
Maximalt antal efterfrågade laddare	6	8	10
Andel elektrifierade lastbilar (%)	78,1	64,0	63,0
Andel elektrifierat transportarbete (%)	60,8	49,5	43,4
Medelladdningstid (min)	55	51	52
Medeltransportavstånd (km)	177	197	202

I Tabell 8 och Figur 8 visas resultaten för scenario 1 jämfört med scenario 2, alltså vid en övergång från dagens 375 kW till 1 MW vilket är möjligt inom MCS. Här framkommer att en ökning av laddeffekten inte påverkar andelen som går att elektrifiera eller det utförda transportarbetet. Medelvärde för topeffektbehovet på siten påverkas dock en del, dock inte proportionellt mot effektökningen eftersom också laddtiden minskas. Dessutom påverkar stokastiska variationer i modellen resultaten. Laddeffektökningen innebär också att variationen i efterfrågan på effekt blir större. Den tydligaste konsekvensen är den minskade kötiden vid laddpunkten.

Tabell 8. Resultat för scenario 1(375 kW laddare) och scenario 2 (1 MW laddare) för industri 1.

Laddeffekt:	375 kW (scenario 1)	1 MW (scenario 2)
Max effektbehov (MW)	1,86	3,37
Maximalt antal efterfrågade laddare	6	4
Andel elektrifierade lastbilar (%)	78,1	75,2
Andel elektrifierat transportarbete (%)	60,8	52,4
Medelladdtid (min)	55	20



Figur 6. Resultat från tio simuleringar över effektsituationen hos industri 1 vid scenario 1 respektive 2. Medeleffekten visas i svart, dygnets min- respektive maximala effektuttag visas i rött.

Resultaten för scenario 3a och 3b visas i Tabell 9. När antalet laddare begränsats till två respektive tre uppstår kö, men den maxeffekt som behövs begränsas kraftigt. I scenario 3b är kötiden för de två industrierna endast ett fåtal minuter. Kötiden beror på inflödet av lastbilar och deras laddstatus. Vilket antal laddare som behövs för att dels minimera effektbehovet samtidigt som kötiden hålls rimlig behöver analyseras för varje mottagningspunkt.

Tabell 9. Resultat för scenario 3a och 3b, i jämförelse med scenario 1, för industri 1.

Antal laddare:	6 (obegränsat) (scen. 1)	2 (scen. 3a)	3 (scen. 3b)
Maximalt effektbehov (MW)	1,89	0,632	0,947
Andel elektrifierade lastbilar (%)	78,1	78,3	76,1
Andel elektrifierat transportarbete (%)	60,8	50,4	58,2
Medelladdtid (min)	55	54	53
Medelkötid (min)	0	46	6

För kompletta resultat från alla industrier, samt resultat från samtliga scenarier, se den kompletta resultatrapporten (Werre 2023).

Diskussion

Diskussion om barriärer och möjligheter

Resultaten från litteraturstudie, workshoppar och enkät visar att totala driftskostnaden, (Total Cost of Ownership, TCO), för elektriska lastbilar (BET) är både en möjlighet och en barriär. TCO beror på många faktorer av olika karaktär, exempelvis elpris, tillgång till laddning, och förmågan att planera transportuppdrag så att nyttjandegraden blir så hög som möjligt, och detta gör det svårt och osäkert att beräkna TCO, en insikt som stöts av Gillström m.fl. (2023). För att inte affärsmodeller ska bli barriärer i implementeringen av elektriska skogstransporter är det viktigt att de utformas så att de tar hänsyn till dessa osäkerheter, exempelvis genom att stötta en fördelning av risker mellan aktörer.

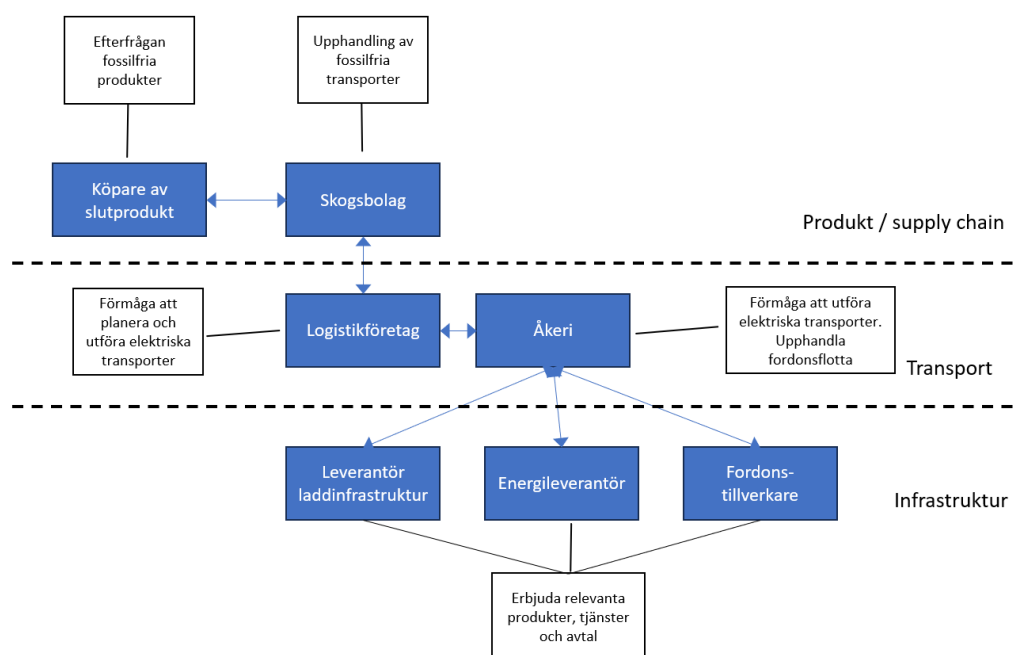
Begränsad räckvidd identifieras som en barriär i workshops och enkät. Samtidigt noteras i litteraturen att det inte är ekonomiskt effektivt att ha ett större batteri för att utöka räckvidden – det enda det leder till är att man tappar i nyttolast (Alp m.fl. 2022; Hao m.fl. 2022). För att överkomma denna barriär finns flera möjliga lösningar, exempelvis utveckling av bättre planeringssystem, piloter med verkliga fordon för att överkomma räckviddsångest, och utveckling av ett tätare nätverk av laddstationer.

Det finns både likheter och skillnader mellan de barriärer som diskuteras i litteraturen och de som identifierats av experterna. Kostnadseffektivitet (TCO-beräkningar), räckvidd och utplacering av laddningsinfrastruktur finns med i bägge fallen.

Några barriärer som identifierades, men som inte är lika mycket diskuterade i litteraturen är vikten av fungerande (och andra) affärsmodeller, utmaningar kopplade till logistikupplägg och planering, samt tillgången på elektrisk energi och effekt för laddning.

Diskussion om aktörer i systemet

Det är flera aktörer i transportsystemet som kommer att vara involverade, se en förenklad bild i Figur 9. Figuren är indelad i tre lager, baserat på en modell utvecklad av Wandel m.fl. (1992). Omställningen till elektriska transporter kommer att påverka samtliga av dessa (mer eller mindre). För att omställningen ska kunna ske, behöver alla aktörer gå i takt (Gillström m.fl. 2023). Köpare av skogsprodukter samt skogsbolag behöver genom sina upphandlingar skapa en marknad för fossilfria transporter. Samtidigt behöver logistikföretag och åkerier utveckla kompetens att planera för elektriska transporter, samt bedöma vilken utrustning och infrastruktur som behövs. Leverantörer av infrastruktur, fordon, och energi behöver erbjuda relevanta produkter. Detta system av aktörer involverade i elektrifieringen diskuteras även av (Uhrdin m.fl. 2023). För att åstadkomma den här typen av omställningar är samarbetsprojekt ett bra verktyg- jämför med ETT-projektet, där samverkan mellan aktörer lett till framgångsrik utveckling och implementering av tyngre och längre transporter (Löfroth & Svenson 2010).



Figur 9. Förenklad bild av aktörer involverade i skogsbrukets transportsystem.

Diskussion om energi- och effektbehov

Elbehovet för att elektrifiera skogsbrukets transporter uppskattas till strax under 800 GWh per år, vilket motsvarar ungefär 4,5 procent av industrins årliga elanvändning eller 10 procent av den el som industrin själva producerar. Därmed bör inte det totala elbehovet vara någon större utmaning. Den stora utmaningen är troligen tillgången på effekt när och där det behövs.

Kartorna i Figur 7 indikerar att om man utgår från att största delen av laddningen sker nära fordonens depå (som ofta är lokaliserad relativt nära upphämtningsplatserna) eller vid avlämningsplatsen kommer effektbehovet troligen variera mellan olika kommuner, men samtidigt tydligt vara mer koncentrerat till ett urval av dem. För att få en bättre bild av effektbehovet i plats och över tid behöver mer detaljerade simuleringar göras.

Simuleringarna över effektbehovet över ett dygn visar att det är stora variationer i hur stor efterfrågan på effekt är. Om laddplatsen dimensioneras utifrån maximal efterfrågan kommer den under stora delar av tiden vara kraftigt överdimensionerad. Detta är ineffektivt, dels eftersom man behöver göra stora investeringar för att säkerställa möjligheten till hög effekt, dels för att man "bokar upp" effekt i systemet som sedan inte används. Detta minskar tillgången på effekt för andra aktörer i närheten och kan därigenom bromsa deras klimatomställningsarbete. Genom att begränsa antalet laddpunkter, och eventuellt acceptera en viss kötid, minskar man detta problem. Man kan även arbeta med att sprida ut inflödena till mottagningsplatsen (i simuleringarna här har det antagits att bilarna kör på samma sätt som idag vilket ibland orsakar köbildning). Logistik och planering kring laddplatserna kommer att vara en utmaning när elektrifieringen rullas ut och skalas upp.

Diskussion om metod

I den här studien har fokus varit på det som **uppfattas** som barriärer; dels i litteraturen, dels i branschen. Genom workshoppar och en enkät har uppfattningar och förväntningar från många olika personer, från olika organisationer och olika roller, kunnat samlas in. Enkäten hade relativt få svarande, endast 23 stycken, och behöver inte vara helt representativ för branschens syn på barriärer och möjligheter. Samtidigt ger den en uppfattning om vilka frågor som står högst på dagordningen hos många aktörer. För att faktiskt utvärdera om detta verkligen är relevanta barriärer behövs mer detaljerade simuleringar, experiment, och pilotimplementeringar.

Workshopparna har bidragit till att barriärer och möjligheter har kunnat identifieras, men de har också bidragit till att aktörer i ekosystemet har funnit varandra, inspirerat varandra till att ta steg mot elektrifiering, och gemensamt identifiera lösningar på utmaningar. Detta är ett tecken på att samarbete och samskapande kommer vara viktigt i omställningen.

Framtida forskning och nästa steg

I denna rapport har enkla simuleringar/beräkningar av exempelvis energi- och effektbehov gjorts. För att fördjupa kunskapen om hur elektrifiering påverkar transporter och transportupplägg, och vilka parametrar som är viktiga, kommer mer detaljerade simuleringsmodeller vara viktiga.

För att ställa om till ett fossilfritt transportsystem där elektrifiering spelar en avgörande roll behöver flera aktörer ställa om samtidigt, och det krävs en systeminnovation med parallell utveckling inom teknik för fordon och laddning, planering, affärsmodeller, samt inte minst lagstiftning och regler. Vidare kommer utrullning och uppskalning av elektrifiering att vara ett dynamiskt förlopp, där utmaningarna förändras i takt med att systemet skalas upp. Systemförståelse är viktigt, men även samarbetsprojekt.

Utvecklingen kan jämföras med introduktion och uppskalning av HCT, där samverkansprojektet "En Trave Till" (ETT) har spelat en viktig roll. Dock är uppskalningen av elektrifierade fordon än mer omfattande ur ett systemperspektiv, så vi menar att ett eller flera större samverkansprojekt som även inkluderar demonstrationer, kommer att vara nödvändigt.

Slutsatser

Denna arbetsrapport sammanfattar resultaten från förstudieprojektet Accelerera elektrifieringen av skogsbrukets transporter. Barriärer och möjligheter med elektrifiering av skogsbrukets vägtransporter har utforskats genom en litteraturstudie, workshoppar med branschexperter, en enkät till branschen, samt beräkningar och simuleringar av energi- och effektbehov.

1. I litteraturen identifieras hög investeringskostnad, begränsad räckvidd, och låg kunskapsnivå som de största barriärerna för elektrifiering av tunga lastbilstransporter. En bättre driftsekonomi (inom ett par år) identifieras som den största möjligheten. TCO-beräkningar visar att i flertalet applikationer kan kostnadsparitet med diesel förväntas inom ett par år.
2. I den svenska skogsbranschen identifieras även utmaningar kopplade till planering och logistik. Det uttrycks även en oro för kopplingen till politiska beslut. Den viktigaste möjligheten är fossilfria transporter.
3. Beräkningar visar att omkring 50 % av transportarbetet bör kunna elektrifieras med den teknik som är tillgänglig inom de närmaste åren. Dock kommer utveckling av rutiner för planering och affärsmodeller att vara avgörande. Ytterligare en utmaning är tillgången till elektrisk energi och effekt. I synnerhet kommer behovet av effekt att vara avgörande, och det kommer inte nödvändigtvis uppstå längs de etablerade, generella transportkorridorerna, utan snarare vid skogsbrukets industrier. Samtidigt är skogsindustrin själva en stor nettoproducent av el, just vid industrierna, vilket möjliggör laddning.
4. Utrullning och uppskalning kommer att vara ett dynamiskt förlopp, där utmaningarna förändras i takt med att systemet skalas upp. Systemförståelse är viktigt, men även samarbetsprojekt för implementationen.

Sammanfattningsvis står branschen inför både utmaningar och möjligheter med elektrifiering av vägtransporter, och behovet av ett framtida samarbetsprojekt för att accelerera omställningen är stor.

Referenser

Al-Hanahi, B., Ahmad, I., Habibi, D. & Masoum, M. A. S. 2021. Charging Infrastructure for Commercial Electric Vehicles: Challenges and Future Works. *IEEE Access* 9: 121476-121492.

Alp, O., Tan, T. & Udenio, M. 2022. Transitioning to sustainable freight transportation by integrating fleet replacement and charging infrastructure decisions. *Omega-International Journal of Management Science* 109.

Anderhofstadt, B. & Spinler, S. 2019. Factors affecting the purchasing decision and operation of alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany - A Delphi study. *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 73: 87-107.

Anselma, P. G. & Belingardi, G. 2022. Fuel cell electrified propulsion systems for long-haul heavy-duty trucks: present and future cost-oriented sizing. *Applied Energy* 321.

Bhardwaj, S. & Mostofi, H. 2022. Technical and Business Aspects of Battery Electric Trucks—A Systematic Review. *Future Transportation* 2(2): 382-401.

Booto, G. K., Espegren, K. A. & Hancke, R. 2021. Comparative life cycle assessment of heavy-duty drivetrains: A Norwegian study case. *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 95.

Bradbook, S. & Adamo, E. 2023. *Electric vehicle logging truck launches for Green Triangle trial in South Australia*. <https://www.abc.net.au/news/2023-02-28/electric-logging-vehicle-green-triangle-trial-south-australia-ev/102032258>. [2023-09-20]

Cunanan, C., Tran, M. K., Lee, Y., Kwok, S., Leung, V. & Fowler, M. 2021. A Review of Heavy-Duty Vehicle Powertrain Technologies: Diesel Engine Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles. *Clean Technologies* 3(2): 474-489.

Davidsson, A., Gustavsson, O. & Parklund, T. 2023. Skogsbrukets vägtransporter 202. Arbetsrapport 1142 Skogforsk, 37 s.

Gillström, H., Björklund, M., Stahre, F. & Abrahamsson, M. 2023. Critical factors in logistics service providers business model for electrified freight. NOFOMA Conference. Helsinki.

Gunawan, T. A. & Monaghan, R. F. D. 2022. Techno-econo-environmental comparisons of zero- and low-emission heavy-duty trucks. *Applied Energy* 308.

Hao, X., Ou, S. Q., Lin, Z. H., He, X., Bouchard, J., Wang, H. W. & Li, L. G. 2022. Evaluating the current perceived cost of ownership for buses and trucks in China. *Energy* 254.

Larenas-Barra, S., Mendez-Dedes, L., Valdes-Gonzalez, H., Reyes-Bozo, L. & Sandoval-Yanez, C. 2022. Electromobility in Forest Transport. Is It Feasible? Perceptions Regarding Implementation in the Chilean Industry. *Revista Cientifica* 45(3): 378-389.

Li, Y. F. & Kimura, S. 2021. Economic competitiveness and environmental implications of hydrogen energy and fuel cell electric vehicles in ASEAN countries: The current and future scenarios. *Energy Policy* 148.

Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT-Modulsystem för skogstransporter. Skogforsk. ISBN: 978-91-977649-9-5.

- Malladi, S. S., Christensen, J. M., Ramírez, D., Larsen, A. & Pacino, D. 2022. Stochastic fleet mix optimization: Evaluating electromobility in urban logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 158: 102554.
- Mareev, I., Becker, J. & Sauer, D. U. 2018. Battery Dimensioning and Life Cycle Costs Analysis for a Heavy-Duty Truck Considering the Requirements of Long-Haul Transportation. *Energies* 11(1): 55.
- Mauler, L., Dahrendorf, L., Duffner, F., Winter, M. & Leker, J. 2022. Cost-effective technology choice in a decarbonized and diversified long-haul truck transportation sector: A U.S. case study. *Journal of Energy Storage* 46: 103891.
- Meyer, T. 2020. Decarbonizing road freight transportation - A bibliometric and network analysis. *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 89.
- Noll, B., del Val, S., Schmidt, T. S. & Steffen, B. 2022. Analyzing the competitiveness of low-carbon drive-technologies in road-freight: A total cost of ownership analysis in Europe. *Applied Energy* 306.
- Phadke, A., McCall, M. & Rajagopal, D. 2019. Reforming electricity rates to enable economically competitive electric trucking. *Environmental Research Letters* 14(12).
- Qasim, M. & Csab, C. 2021. Major Barriers in Adoption of Electric Trucks in Logistics System. *Promet-Traffic & Transportation* 33(6): 833-846.
- SCA 2022. *SCAs och Scantias eldrivna timmerbil*. <https://www.sca.com/eltimmerbilen>. [2023-09-20].
- Scania. 2023. *Electric trucks*. <https://www.scania.com/group/en/home/products-and-services/trucks/battery-electric-truck.html>. [2023-09-20].
- Speth, D. & Funke, S. A. 2021. Comparing Options to Electrify Heavy-Duty Vehicles: Findings of German Pilot Projects. *World Electric Vehicle Journal* 12(2).
- Stuart 2023. *Electrifying the Timber industry: Volvo and Scottish Forestry Embrace EV timber Trucks*. <https://electricvehiclescotland.com/2023/05/02/electrifying-the-timber-industry-volvo-and-scottish-forestry-embrace-ev-timber-trucks/> [2023-09-20].
- Tanco, M., Cat, L. & Garat, S. 2019. A break-even analysis for battery electric trucks in Latin America. *Journal of Cleaner Production* 228: 1354-1367.
- Uhrdin, A., Hofsten, H. v. & Noreland, D. 2023. Elektrifiering av tunga vägtransporter - mycket mer än teknik. Arbetsrapport Nr. 1166-2023 Skogforsk, 27 s.
- Vijayagopal, R. & Rousseau, A. 2021. Electric Truck Economic Feasibility Analysis. *World Electric Vehicle Journal* 12(2).
- Vilchez, J. J. G., Julea, A., Lodi, C. & Marotta, A. 2022. An analysis of trends and policies supporting alternative fuels for road freight transport in Europe. *Frontiers in Energy Research* 10.
- Wandel, S., Ruijgrok, C. & Nemoto, T. 1992. Relationships among shifts in logistics, transport, traffic and informatics-driving forces, barriers, external effects and policy options. I. Nordiska Forskningsperspektiv på Logistik och Materialadministration. *Studentlitteratur*, sid: 96-136.

Werre, A. 2023. Simulering av effektbehovet på industrier och terminaler vid elektrifiering av skogstransporter. Examensarbete 2023:15 Sveriges lantbruksuniversitet.

Wikibooks 2022. Scriptapedia. <https://en.wikibooks.org/wiki/Scriptapedia>. [2023-09-20]