

OMVÄRLDSANALYS AV ARBETSMASKINER OCH FORDON INOM ENTREPRENAD

2024-02-29



OMVÄRLDSANALYS AV ARBETSMASKINER OCH FORDON INOM ENTREPRENAD

Uppdragsnummer 10357831
Författare Ficre Zehaie, Linnea Lidén, Stefan Uppenberg, Jenny Wallström
Datum 2024-02-29

KUND

Trafikverket

KONSULT

WSP

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

INNEHÅLL

SUMMARY	4
SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	6
1.1 BAKGRUND	6
1.2 SYFTE	6
1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR	6
1.4 METOD	7
2 MARKNADSANALYS	7
2.1 ÖVERSIKT	7
2.2 ARBETSMASKINER INOM ENTREPRENADVERKSAMHET	8
2.3 AKTÖRER PÅ MARKNADEN	10
2.3.1 Efterfrågan maskin- och fordonstimmar	10
2.3.2 Utbud maskin- och fordonstimmar	11
2.3.3 Maskintillverkare	11
2.3.4 Drivmedel och energileverantörer	11
3 TIDIGARE OCH NUVARANDE STYRMEDEL	13
3.1 OFFENTLIG UPPHANDLING	13
3.1.1 Trafikverkets krav vid upphandling	13
3.2 ANDRA STYRMEDEL INOM EU	14
3.3 ANDRA STYRMEDEL I SVERIGE	16
3.3.1 Energi- och koldioxidskatt	16
3.3.2 Förhöjd fordonsskatt - malus	17
3.3.3 Miljözoner	17
3.3.4 Stöd till omställning	17
3.4 OFFENTLIG UPPHANDLING OCH ANDRA STYRMEDEL	18
3.5 FORDONSSTRATEGISK FORSKNING OCH INNOVATION (FFI)	19
3.5.1 Horisont Europa	19
3.5.2 Övriga stöd	19
3.6 INTERNATIONELL UTBLICK - KRAV I ANDRA LÄNDER OCH AV ANDRA BESTÄLLARE	19
4 VÄGEN TILL NOLLUTSLÄPP FÖR ENTREPRENADMARKNADEN ²¹	
4.1 NOLLUTSLÄPPSUTVECKLINGEN IDAG	21
1 Förutsättningar för nollutsläppsfordon idag	23
2 UTVECKLINGEN FRAMÖVER	26
4.1.1 Förutsättningar för utveckling av nollutsläppsfordon	27
4.1.2 Mål och krav	27
4.1.3 Teknikutveckling	27
4.1.4 Elektrifieringstakt	28
4.1.5 Energiförsörjning	29
4.1.6 Kostnader	29
5 KONSEKVENSANALYS	30
6 LITTERATURFÖRTECKNING	33

SUMMARY

Current progress toward zero-emissions for construction vehicles and machines in the construction industry is at an early stage and the industry is characterized by constant change. The Swedish Transport Administration will develop a strategy for zero emissions aimed at these vehicles in the construction industry, with the goal of achieving climate neutrality by 2040. In light of this, WSP has been commissioned to investigate how the Swedish Transport Administration can best achieve this strategy, with a focus on analyzing the current state of the market and expected future trends.

Zero-emission construction vehicles and machines are still rare on the market today, and those that are available are mainly in the smaller size classes. According to the manufacturers, larger machines will be introduced in the coming years, but it may be some time before heavy machines are on the market. Many zero-emission vehicles on the market today are used as test pilots. There is a clear desire from most players in the market to switch to electrified machines, but investment is limited due to the fact that production of these vehicles is relatively small, making them expensive. These obstacles prevent a larger-scale transition, despite a consensus in the industry that such a transition is desirable. Our analysis finds different perceptions in how best to stimulate this transition.

The potential for transitioning differs from project to project and depends to a large extent on the available energy supply, energy costs, management of power peak demand, and the availability of electricity infrastructure. A key challenge is that electricity demand for construction activity typically peaks during the day when electricity systems are already under high load. Further, in sparsely populated areas there is a connectivity challenge, which makes planning difficult and costly. This underscores the importance of planning and securing electricity supply in the initial phase of a construction projects.

Electrified construction vehicles (off-highway machines) are generally considered to have the same performance as their combustion engine-powered counterparts. Two significant factors limiting investment in zero-emission machines are the high costs and risks. The contractors who have invested in electrified machines have mainly done so for marketing reasons. Even though the initial investment cost per machine is high, experience shows that additional costs at the project level for using electrified construction vehicles are relatively limited at present, and in the long term, it is expected to lead to cost reductions as the market grows and matures. Since fuel accounts for a significant proportion of operating costs, the potential cost savings is greatest for machines that consume large amounts of fuel. This, in turn, increases demand for “large” zero-emission machines, but the current supply is very limited.

Another factor hindering the rapid transition to electrified machines is the lack of uniform requirements at EU level. Carbon dioxide emissions from these machines have been unregulated in the EU for a long time, but since 2018 they are included in the emission reduction requirements distributed between EU Member States, through the so-called Effort Sharing Regulation (ESR). The requirements associated with public procurement can be a very effective instrument for stimulating the use of electrified machines. For example, the City of Oslo has been identified as a good example: the release of public funds not only requires zero emission machines, but the city has also implemented a number of proactive measures to ensure the availability of such machines.

Stakeholders and market actors have suggested that the Swedish Transport Administration's requirements should be aimed at promoting new investment, which in turn requires financial support and incentives. The requirements should be long-term and consistent to mitigate risk experienced by companies in investing in zero-emission vehicles, who fear requirements and rules may change suddenly. Further, general contractors request clarity with respect to investment requirements for zero-emission machines, otherwise it may affect the ability of these companies to provide secure jobs for the future.

SAMMANFATTNING

Nollutsläppsutvecklingen för arbetsmaskiner och fordon som används inom entreprenader idag bedöms vara i ett tidigt skede, i en bransch i ständig förändring. Trafikverket ska ta fram en strategi för nollutsläpp från fordon och arbetsmaskiner i entreprenader för att nå mål om klimatneutralitet 2040. Med bakgrund av detta har WSP fått i uppdrag att undersöka hur Trafikverket kan arbeta mot strategin. Detta görs genom en nulägesanalys av hur marknaden ser ut idag samt hur marknaden tros utvecklas framöver.

Nollutsläppsfordon är fortfarande sällsynta på marknaden idag, och de som finns tillgängliga är främst maskiner i de mindre storleksklasserna. Större maskiner kommer enligt tillverkarna att introduceras under de kommande åren, men det kan dröja innan riktigt tunga maskiner finns på marknaden. Många av de nollutsläppsfordon som finns på marknaden idag används som försökspiloter. Det finns en påtaglig vilja från de flesta aktörer på marknaden att ställa om till eldrivna arbetsmaskiner, men möjligheten att investera i ett nollutsläppsfordon är begränsad då serieproduktion av dessa fordon ännu inte finns i någon större omfattning. Det finns alltså hinder för en snabb, mer storskalig omställning, och även om det finns en samsyn i branschen att omställningen ska ske, finns det skillnader i uppfattning när det gäller hur.

Potentialen för att ställa om skiljer sig från projekt till projekt och beror till stor del på möjligheten till energiförsörjning. Det inkluderar både kostnader för energiförsörjning, hantering av effekttoppar och arbete utanför befintlig elinfrastruktur. En utmaning är att behovet av el i byggprojekt ofta sker dagtid under de tidpunkter där elsystemet redan har en hög belastning. Samtidigt finns det en anslutningsutmaning i mer glesbefolkade områden, vilket ofta är en planerings- och kostnadsfråga. Vikten av att beställaren planerar och säkrar elförsörjning i projektets inledande fas uppges därför som betydande.

Elektrifierade arbetsmaskiner anses generellt ha motsvarande prestanda som deras förbränningsmotordrivna motsvarigheter. En betydande faktor till varför få entreprenadföretag hittills har investerat i nollutsläppsmaskiner är dock de höga kostnaderna och risker kopplade till investeringarna. De entreprenörer som väl har investerat i eldrivna arbetsmaskiner har främst gjort det av marknadsföringsskäl. Även om investeringskostnaden per maskin är hög visar erfarenheter att merkostnaderna på projektnivå för helt eller delvist elektrifierat byggande är relativt begränsade, och på längre sikt förväntas det leda till kostnadsminskningar när marknaden vuxit och mognat. Eftersom bränslet utgör en betydande andel av driftkostnaden är potentialen för kostnadsbesparingar störst för de stora arbetsmaskinerna där bränsleåtgången är hög. Det i sin tur innebär att efterfrågan på nollutsläppsmaskiner är störst bland de stora arbetsmaskinerna, men där är utbudet i dagsläget mycket begränsat.

Ytterligare en faktor som hindrar en snabb övergång till elektrifierade arbetsmaskiner är avsaknaden av enhetliga krav på nollutsläppsmaskiner på EU-nivå. Koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner har dessutom länge varit oreglerat inom EU, men ingår sedan 2018 i de krav på utsläppsminskningar som har fördelats mellan EU:s medlemsstater genom den så kallade Ansvarsfördelningsförordningen (ESR). Krav i offentliga upphandlingar bedöms också vara ett viktigt styrmedel för att driva på utvecklingen. Till exempel har Oslo stads krav på nollutsläppsmaskiner, och tillhörande åtgärder för att tillgängliggöra elektrifierade maskiner, fått stor uppmärksamhet i branschen och ses som ett gott exempel.

Enligt marknadsaktörerna bör Trafikverkets krav inriktas på att främja möjliga investeringar, och för det krävs ekonomiskt stöd och incitament. Kraven bör också vara långsiktiga och konsekventa då det innebär en betydande risk att investera i nollutsläppsfordon om krav och regler plötsligt ändras. Entreprenörer önskar tydliga regelverk som kräver investeringar i nollutsläppsmaskiner för att kunna skapa en säkerhet för framtida arbetstillfällen.

1 INLEDNING

WSP har fått i uppdrag av Trafikverket att genomföra en omvärldsanalys av arbetsmaskiner och tunga fordon som används inom entreprenader. Detta ska tillsammans med en kartläggning av leveranskedja samt analys av verksamhets specifika behov utgöra ett kunskapsunderlag som leder till att Trafikverket kan sätta rimliga krav om nivåer av nollutsläpp vid rätt tidpunkt eller andra lämpliga åtgärder för att stötta en omställning till nollutsläpp samt förstå vad som är på gång på marknaden.

1.1 BAKGRUND

Idag har de flesta arbetsmaskiner förbränningsmotor som vid drift släpper ut avgaser i form av växthusgaser och luftföroreningar. År 2022 var utsläppen från arbetsmaskiner 2,9 miljoner ton CO₂-ekvivalenter, vilket motsvarar cirka 6 procent av de nationella utsläppen. Arbetsmaskiner som används inom entreprenader uppskattas stå för av en betydande andel av utsläppen (Naturvårdsverket, 2023).

Som ett sätt att minska dessa utsläpp och för att uppnå Trafikverkets interna målsättning om klimatneutral infrastruktur senast 2040 och användning av förnybar energi i fordon och arbetsmaskiner inom entreprenader från 2030, arbetar Trafikverket med en strategi för nollutsläpp av fordon och arbetsmaskiner som används inom Trafikverkets entreprenadverksamhet.

Strategin ska utgöra ett verktyg för Trafikverket att klara av omställningen till klimatneutral infrastruktur och andel förnybara drivmedel genom exempelvis elektrifiering. För att strategin ska fungera och för att Trafikverket ska kunna sätta rimliga krav i upphandling efterfrågas ökad kunskap om nollutsläppsutvecklingen för arbetsmaskiner och fordon inom entreprenader.

1.2 SYFTE

Det övergripande syftet med uppdraget är att undersöka hur Trafikverket kan arbeta mot strategin nollutsläpp. Syftet för omvärldsanalysen är att beskriva vilka typer av maskiner som finns på marknaden idag, vilka som är på gång och när i tiden de väntas finnas tillgängliga både på kort och lång sikt samt vilka mål som leverantörerna har satt upp. Analysen ska också beskriva hur fordonen och arbetsmaskinerna kan användas. Omvärldsanalysen skall också omfatta vilka krav som ställs i andra länder och av andra beställare för att säkerställa att Trafikverkets krav är rimliga i förhållande till alla beställare.

1.3 FRÅGESTÄLLNINGAR

Omvärldsanalysen ska besvara följande frågeställningar av både teknisk och affärsmässig karaktär:

- Vilka befintliga och kommande nollutsläppsfordon och arbetsmaskiner finns, och kommer att finnas, på marknaden både ur leverantörsperspektiv och EU-perspektiv (vilka krav ställs på EU-nivå som sätter spelplanen?) Detaljningsnivån ska vara ned på enskilda fordon/maskintyper och innefatta när i tid nya lösningar beräknas finnas på marknaden.
- Vilka prestanda har fordonen och arbetsmaskinerna, och hur relaterar den till motsvarande förbränningsmotordrivet alternativ? Hur påverkas produktiviteten av att använda nollutsläppsfordon eller arbetsmaskiner jämfört med konventionella fordon och arbetsmaskiner?
- Hur ser energiförsörjningen (elförsörjningen) ut och vilka lösningar förespråkar aktörer för nollutsläppsentreprenadfordon och maskiner?
- Hur ser kostnadsuppskattningar ut för energiförsörjningen enligt punkten ovan?
- Hur ser kostnadsuppskattningar ut för inköp, drift (inklusive laddningspunkt) och TCO (Total Cost of Ownership) jämfört med konventionella fordon eller arbetsmaskiner?

- Vad är den bedömda merkostnaden för nollutsläpp i entreprenader?
- Vilka tidigare och nuvarande styrmedel leder till nollutsläppsutveckling inom entreprenadfordon och arbetsmaskiner?
- Vilka krav och andra åtgärder tillämpas av andra beställare?
- Sammanställning av goda exempel från verksamheter som liknar Trafikverkets
- Vilka åtgärder (incitament, krav, systemdemonstrationer etc.) ser olika aktörer som lämpliga för att möjliggöra en omställning från förbränningsmotor till nollutsläppsfordon och arbetsmaskiner inom entreprenader?

1.4 METOD

Analysen i rapporten bygger på en kombination av litteratur- och intervjustudie. Litteraturstudien bygger främst på myndighetsrapporter, förstudier till nollutsläppsprojekt samt underlag som tagits fram av konsulter. De intervjuer som genomförts har varit av semi-strukturell karaktär och hållits med relevanta aktörer som fordonsleverantörer, återförsäljare, maskinförare och branschorganisationer. Även aktörer som utfört elektrifieringsprojekt har intervjuats.

2 MARKNADSANALYS

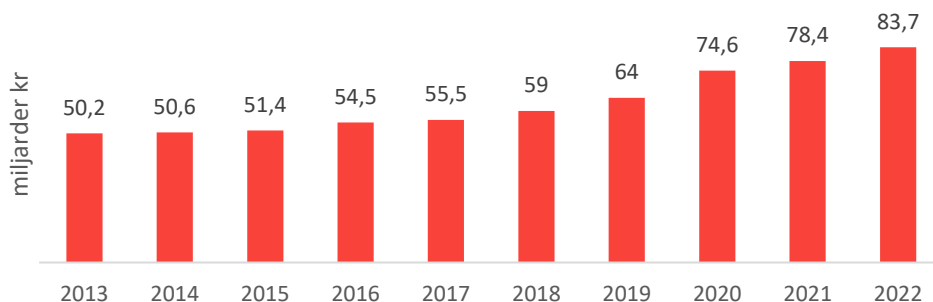
I detta kapitel presenteras en marknadsanalys för arbetsmaskiner och fordon som används inom Trafikverkets entreprenadverksamhet.

2.1 ÖVERSIKT

Marknaden för arbetsmaskiner och fordon som används inom Trafikverkets entreprenadverksamhet omfattar underhåll av väg och järnväg samt olika typer av bygg- och anläggningsprojekt. Ungefär 90 procent av Trafikverkets inköpsvolym går till just anläggningsmarknaden. Till anläggningsmarknaden räknas bland annat anläggning av vägar, gator, järnvägar och byggnadsverksamhet kopplat till transporter. Vid underhåll av väg och järnvägar ingår det att till exempel reparera vägar och järnvägar, röja undan snö, hålla beredskap, informera om pågående arbeten och byta ut delar som har slitits ut (Trafikverket, 2023b).

I stort beror efterfrågan på maskin- och fordonstimmar inom Trafikverkets entreprenadverksamhet på behovet av investeringar och underhåll av Sveriges vägar och järnvägar. Fler och större underhålls- och investeringsuppdrag kräver generellt fler maskin- och fordonstimmar. Behoven av investeringar och underhåll av svenska vägar och järnvägar bedöms som stora. Tillståndet på det statliga vägnätet, broar, järnvägsanläggningar har gradvis försämrats över tid och nedbrytningen fortsätter vara högre än åtgärdstakten (Trafikverket, 2023c).

Den stora efterfrågan på underhåll och utveckling av svensk infrastruktur har delvis fått gehör i den statliga budgeten. Under de tio senaste åren har alltmer pengar spenderats på att underhålla och utveckla svensk infrastruktur. Som går att se i Figur 1 så har Trafikverkets verksamhetsvolym ökat från 50 miljarder kronor 2013 till 80 miljarder kronor 2022. I juni 2022 beslutade dessutom regeringen om ny nationell plan för statens transportinfrastruktur för perioden 2022–2033. Planen omfattar 799 miljarder kronor, vilket är en ökning med drygt 100 miljarder kronor jämfört med den tidigare planen. Dessutom tillkommer 52 miljarder till budgeten från bland annat banavgifter och överskottet från trängselskatter (Trafikverket, 2023c).



Figur 1. Trafikverkets verksamhetsvolym 2013–2022 (miljarder kronor). Källa: Trafikverket

2.2 ARBETSMASKINER INOM ENTREPRENADVERKSAMHET

En arbetsmaskin är en mobil maskin som inte är avsedd att transportera gods eller personer på väg. Definitionen omfattar både maskiner som används yrkesmässigt och maskiner som används för privat bruk inom hushållssektorn. I denna rapport är det främst arbetsmaskiner som används inom Trafikverkets entreprenadverksamhet som studeras.

Antalet och typer av arbetsmaskiner som används inom Trafikverkets entreprenadverksamhet idag varierar från projekt till projekt samt under projektets gång. Merparten av de fordon och arbetsmaskiner som används är dieseldrivna. De flesta kan köras på förnybara drivmedel i form av HVO eller paraffiniskt dieselbränsle enligt EN 15940, men det innebär högre kostnader för ägarna av maskinerna och därigenom även för beställaren. Kunskapen om vissa arbetsmaskiner, såsom vilken typ av motor de har, var de kommer ifrån och hur de används är bristfällig. En orsak är att arbetsmaskiner enligt definition ovan är en brokig skara av maskiner spridda över många delar av ekonomin. Det finns därför ingen vedertagen klassificering eller definition och många av maskinerna omfattas inte av någon registreringsplikt (Trafikanalys, 2023).

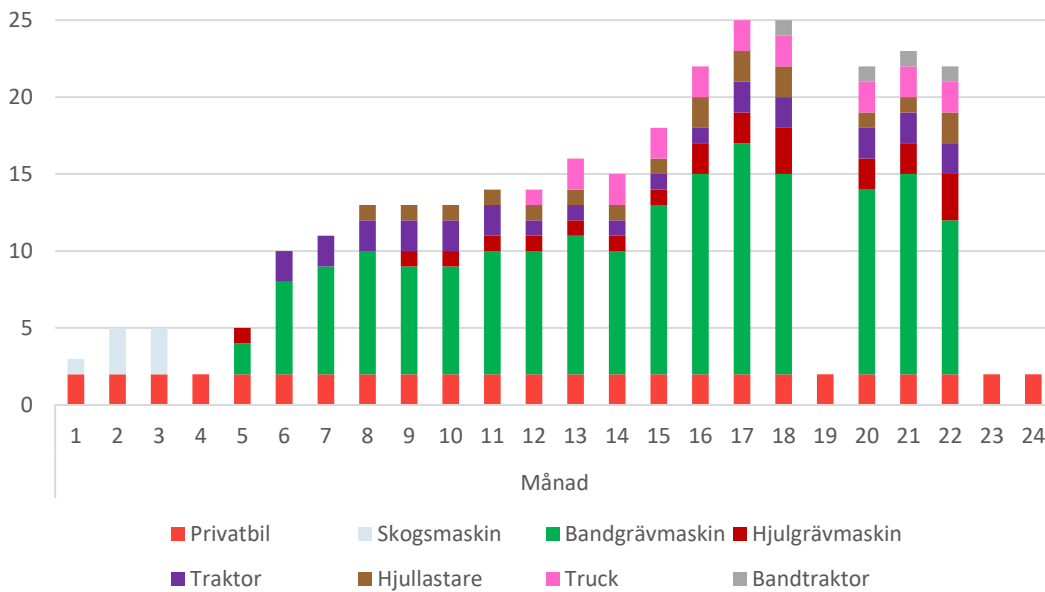
En redovisning av vanliga fordon och arbetsmaskiner som används inom Trafikverkets entreprenadverksamhet listas i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Vanliga typer av arbetsmaskiner och fordon inom Trafikverkets entreprenadverksamhet. Källa: Trafikverket

Bandgrävmaskin	Teleskoptruck	Liftmotorvagnar
Hjulgrävmaskin	Vält	Lifträlsbilar
Hjullastare	Lastbil	Spårslipmaskiner
Bandtraktor/bandschaktare	Asfaltläggare	Växelslipmaskiner
Grävlastare (ramstyrda)	Krossverk	
Dumper	Spårriktare	

Hur frekvent de listade fordonen och arbetsmaskinerna används och i vilka projekt de används till varierar (Sweco, 2023). Vid vägunderhåll som snöröjning tillhandahålls vanligen 12–15 hjullastare, traktorer eller lastbilar som domineras av förbränningsmotormodell med 4 eller 3 axlar. Vid anläggningsprojekt kan olika typer av skogsmaskiner efterfrågas i ett tidigt skede av projektet i syfte av att röja skog. Därefter används i stor utsträckning band- och hjulgrävmaskiner, hjullastare, dumprar, lastbilar och andra entreprenadmaskiner beroende på vad som ska utföras i projektet. Ska en väg byggas krävs exempelvis även vältrar och asfaltläggare. Ska en tunnel drivas krävs bland annat tunnelborrhög och skrotare. Ett exempel på hur de efterfrågan arbetsmaskiner kan se ut under ett byggprojekt finns i Figur 2 nedan.

Fordonsflotta

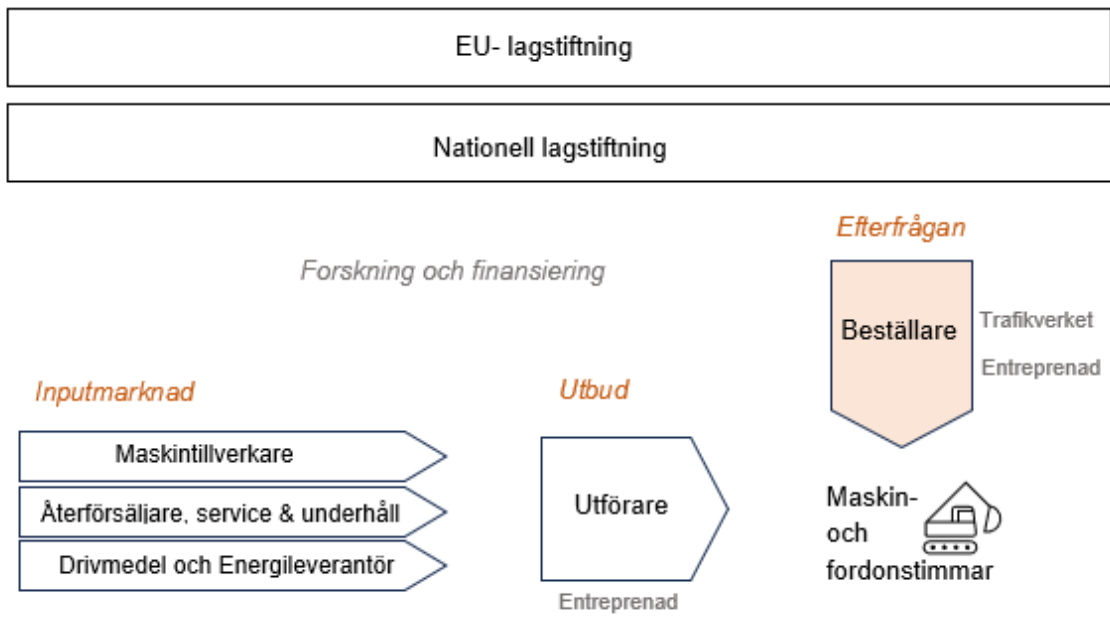


Figur 2. Exempel på fordonsflotta som används på en byggarbetsplats. Y-axeln representerar antalet fordon och X-axeln specificerar månad. Källa: Trafikverket.

De spårgående arbetsmaskiner som tillhandahålls vid underhåll av järnväg skiljer sig till stor del gentemot de arbetsmaskiner som används vid underhåll och byggande av väg. Dels är de mindre till antalet, investeringskostnaden högre och maskinerna större. De är uteslutande dieseldrivna idag och består i stor utsträckning av äldre modeller. Vidare används de relativt få timmar om året i jämförelse mot övriga arbetsfordon. På grund av det kalla klimatet används de cirka 7 till 8 månader i Sverige. De spårgående arbetsmaskinerna används i 12 timmars skift och ur beredskapshänsyn kan de inte enbart vara elektrifierade utan måste även kunna använda sig av en ytterligare energikälla.

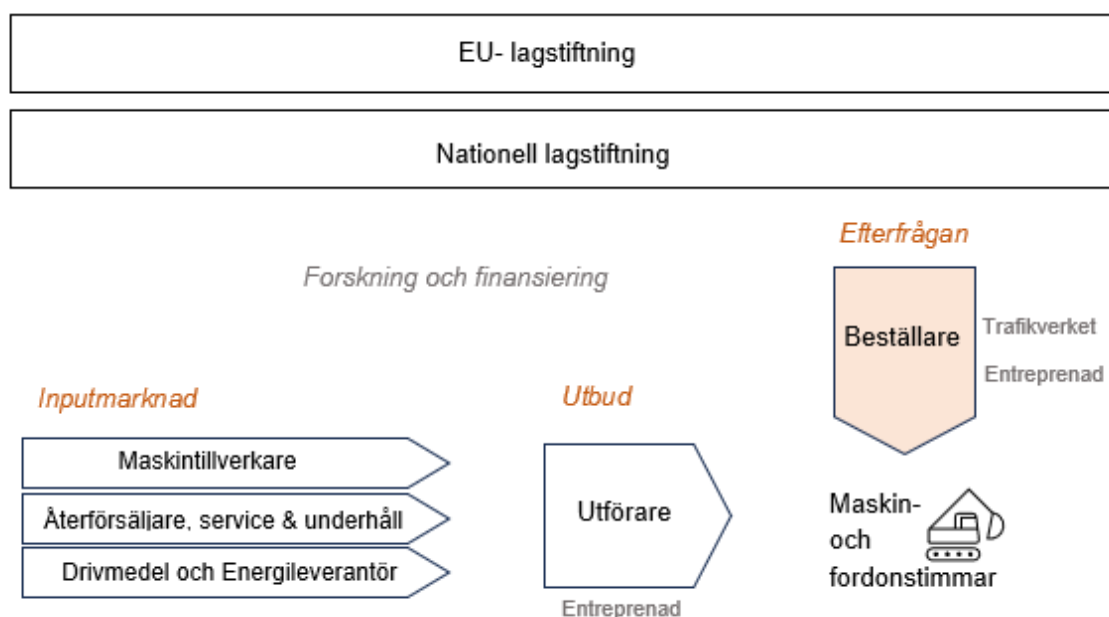
Karaktäriserande för marknaden är att arbetsmaskinerna och fordonen sällan är kvar på samma plats någon längre tid och att de sedan flyttas runt till olika entreprenader. Det kan dock noteras att de kan vara kvar i samma ägo under en längre tid då maskinentreprenörerna som äger maskinerna flyttar dem mellan projekten. Vidare täcker drift- och underhålls-entreprenader för väg och järnväg ofta stora geografiska områden som kräver särskilt pålitliga fordon som gör sitt jobb i växlande temperaturer. Inom vägunderhåll används arbetsmaskiner som kan ställa om till alternativa arbetsuppgifter beroende på säsong.

2.3 AKTÖRER PÅ MARKNADEN



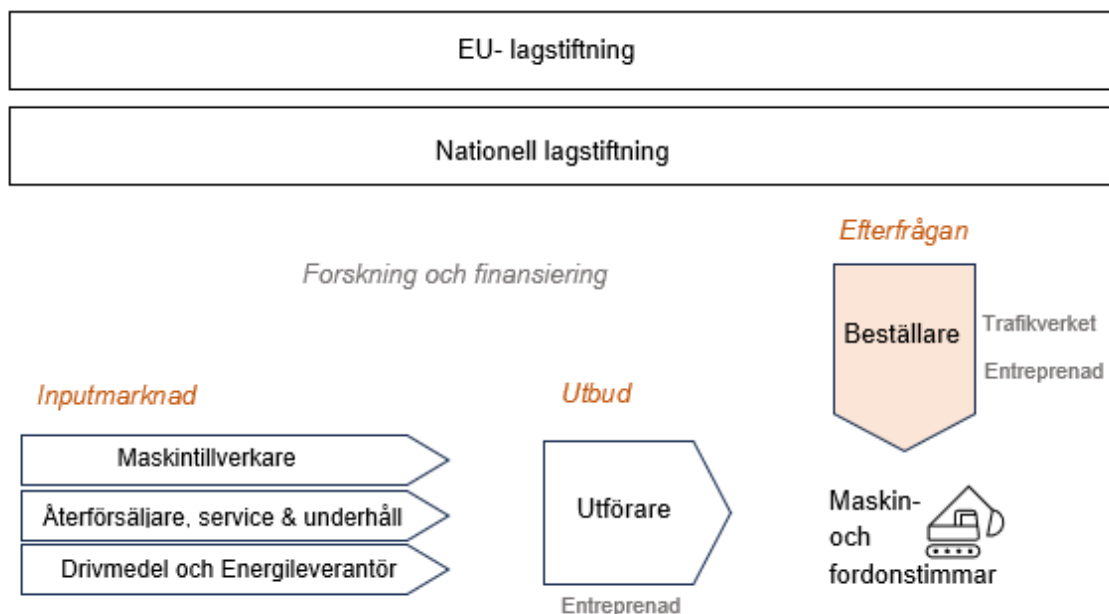
I
Figur 3 nedan presenteras en översiktlig bild av relevanta aktörskategorier som finns på marknaden idag.

Utsläppen från arbetsmaskiner kommer från bränsle eller el vid användningen av arbetsmaskiner. Därmed är den relevanta marknaden att analysera utbud och efterfrågan av maskin- och fordonstimmar.



Figur 3. Schematisk översikt över relevanta aktörskategorier på marknaden för maskin- och fordonstimmar som upphandlas av Trafikverkets entreprenadverksamhet

2.3.1 Efterfrågan maskin- och fordonstimmar



Som

Figur 3 visar är det huvudsakligen den lagstiftning som finns på EU- och nationell nivå som styr specifikationer, såsom egenskaper, utsläppsnivåer, drivmedelsval etc., för de arbetsmaskiner och entreprenadfordon som görs tillgängliga på marknaden. På efterfrågesidan återfinns beställare av uppdrag (t.ex. Trafikverket, kommuner, huvudentreprenör) som efterfrågar maskin- och fordonstimmar. Vanligen upphandlar Trafikverket en huvudentreprenad som antingen utför arbetet i egen regi eller som i sin tur kontrakterar en eller flera underentreprenörer. I regel är huvudentreprenören, som har kontraktet med beställaren, inte ägare av de större maskiner och fordon som används inom entreprenaden. Detta med undantag för järnvägsbranschen där huvudentreprenören ofta äger sina maskiner då det inte finns någon

marknad för att hyra in spårgående arbetsmaskiner eller tvåvägsarbetsmaskiner på samma sätt som för vanliga entreprenadmaskiner (Trafikverket, 2022a).

En stor del av entreprenadsektorn bedrivs ofta i projektform, som till exempel väg- och järnvägsbyggen. Investeringsprojekten är ofta på en plats under en begränsad tid, och flyttar därefter till nya platser. Det innebär att arbetsmaskiner beroende på typ av entreprenader är på en plats allt från några månader till några år. Detta innebär att den entreprenadinfrastruktur som behövs är tillfällig och behöver vara mobil och flytta till nya projekt på andra platser. Drift- och underhållsentsprenader följer dock en delvis annan logik. Entreprenader för basunderhåll av vägar och järnvägar handlas upp för ett geografiskt område under relativt lång tid (fyra år eller mer). Under den tiden genomförs årligen ungefär samma arbeten för vinterväghållning, vägyteunderhåll, banunderhåll m.m. med en uppsättning maskiner och fordon som måste vara flexibla och kunna användas för många olika typer av arbeten. Ytterligare en utmaning för dessa maskiner och fordon är att de ofta behöver ha kapacitet att täcka stora geografiska områden.

Inom anläggningsmarknaden för entreprenad är det ett fåtal svenska företag som dominerar. De mest upphandlade av Trafikverket år 2022 när det gäller väginvesteringar, investering i banvallar, drift, tunnel och underhållsbeläggningar var Svevia, Peab, Skanska, NCC och Infranord. Anläggningsmarknaden präglas även alltmer av internationell konkurrens. Exempelvis är Züblin/Strabag ett företag som ökat sina volymer den senaste tiden inom väginvesteringar och som har en maskinpark med fokus på specialgrundläggningsmaskiner. När det gäller investering av järnväg så är NCC – W&F West Link Contractors, Skanska, Implenla, AGN Haga och NCC de dominerade aktörerna. Marknaden för underhåll av järnväg består av ett fåtal leverantörer med lång erfarenhet av järnvägens samtliga teknikområden. Infranord har störst andel av marknaden följt av Strukton och NRC group (Trafikverket, 2023e).

2.3.2 Utbud maskin- och fordonstimmar

På utbudssidan återfinns utförare av uppdraget, antingen huvud- eller underentreprenörer. Underentreprenörer består i stor utsträckning av fåmansföretag som ofta både kör och är ägare av maskiner, utrustning och fordon (Trafikverket, 2023e). Ett fåtal underentreprenörer leasar (hyr) sina fordon, men finansieringsformen har ännu inte fått ett större genomslag (Johnson, et al., 2022). En möjlig förklaring kan vara den tradition och yrkes stolthet som finns inom branschen av att äga och köra sitt eget fordon, vilket har lyfts i intervjuerna med maskinentreprenörerna.

2.3.3 Maskintillverkare

De aktörer som bidrar med input till marknaden är maskintillverkare, återförsäljare med service- och underhållsverkstäder samt drivmedels- och energileverantörer. Marknaden för försäljning av arbetsmaskiner är i högsta grad internationell, där Sverige är ett land med betydande tillverkning av arbetsmaskiner. Enligt International Construction, som varje år rankar de 50 största tillverkarna i världen baserat på försäljningssiffror, finns två svenska bolag på tio i topplistan år 2021. Det är Volvo CE (6) och Sandvik (10). Epiroc återfinns på plats nummer 13. Störst tillverkare var Caterpillar följt av Komatsu och XCMG (Brown, 2022). När det gäller traktorer står John Deere, CNH Industrial och AGCO tillsammans för mer än två tredjedelar av alla traktorer som säljs i Sverige (SOU 2021:7). Bland lastbilar är Volvo och Scania stora fordonstillverkare.

Då marknaden för maskintillverkning är internationell, är det även den internationella efterfrågan på arbetsmaskiner och fordon som styr. Svenska beställare utgör enbart en liten andel av den totala efterfrågan på arbetsmaskiner. Även forskning och finansiering är viktiga aktörskategorier som påverkar marknaden för användandet av maskin och fordonstimmar. Dels genom framtagandet av ny teknik, dels genom olika stödprogram för inköp av nya maskiner.

2.3.4 Drivmedel och energileverantörer

Elnätet i Sverige kan delas in i transmissionsnätet och distributionsnätet. Transmissionsnätet kan beskrivas som elens motorväg medan distributionsnätet är de nät som levererar el till slutanvändare.

Distributionsnätet kan i sin tur delas in i region- och lokalnät. De stora elanvändarna kan vara anslutna till regionnät medan mindre elanvändare är anslutna till lokalnät. Stamnätet ägs av staten och förvaltas av Svenska Kraftnät. Vattenfall, E.ON och Ellevio äger större delen av de regionala näten och det finns 155 nätägare för de lokala näten.

Elförsörjning för arbetsmaskiner kan ske direkt via en kabel eller indirekt via energilagrar i arbetsmaskinen i form av batteri. Oavsett om elförsörjningen av arbetsmaskinerna sker via fast anslutning eller batterier som måste laddas, krävs en lokal energiinfrastruktur med en eller flera anslutningspunkter till elnätet med tillräcklig kapacitet för att klara effekt- och energibehovet. En sådan lokal energiinfrastruktur kan innehålla tillfälliga transformatorer på strategiska platser för nätanslutna maskiner, stationära laddningsstationer, mobila och/eller stationära energilagrar (batterier) m.m. Att ordna sådana anslutningar är enklare för arbetsplatser med närhet till befintliga elnät och anslutningspunkter, t.ex. kring storstäder och tätbefolkade områden, eller vid stora arbetsplatser som t.ex. gruvor, medan det för byggprojekt i "obanad terräng" i oexploaterade områden kan vara mycket svårare och kostsamt att dra fram anslutningspunkter om de endast ska användas tillfälligt för byggverksamheten.

Ytterligare en utmaning med elförsörjning för elektrifiering av arbetsmaskiner är effektbehov. Detta beror på att behovet av el i byggprojekten ofta sker dagtid, det vill säga vid de tidpunkter där elsystemet redan kan ha en hög belastning. Att elektrifiera hela maskinparker vid större byggprojekt kan vara en utmaning i områden där el efterfrågas av många andra aktiviteter och där det finns begränsningar i tillgänglig effekt i elnätet. Effekttutmaningen utgörs också av att det inte går att dimensionera nätanslutning efter det största effektbehovet i byggandet. Det krävs planering och systemutformning för att styra laddbeteenden och laddtider och smarta system för "peak shave", t.ex. med energilagrar. Entreprenörer uppger i intervjuer att de eldrivna maskinernas drifttid mellan laddningar i nuläget är något för kort för en effektiv byggprocess, och skulle behöva förlängas med några timmar för att bli konkurrenskraftiga.

Elektrifiering av Trafikverkets entreprenadverksamhet kan sägas ha en anslutningsutmaning för underhåll och byggprojekt i glesbebyggda/oexploaterade områden och en effekttutmaning i mer tätbefolkade områden. Många gånger är anslutningsutmaningen en planeringsfråga och en kostnadsfråga. Ledtiderna för att få till en fungerande elförsörjning är långa av många olika anledningar. Skellefteå kommun har tillsammans med NCC sammanställt erfarenheter från elektrifiering av anläggningsprojekt för Bergsbyns företagspark på en egen hemsida¹ där de redogör för viktiga erfarenheter under kategorierna *Planering*, *Genomförande* och *Uppföljning*. Där poängterar de vikten av att beställaren planerar och säkrar elförsörjning i projektets inledande fas, och att man får räkna med mer än ett halvårs planeringstid efter att anslutningspunkter ordnats för att få till ett genomtänkt system med tydlig samordning och ansvarsfördelning. Handläggningstiderna för att få nätägare att ordna nya anslutningspunkter kan vara långa och man betonar därför vikten av samverkan och tidig dialog med nätägarna och att beställaren redan under framtagning av förfrågningsunderlag ser över möjligheterna till strömförsörjning tillsammans med nätägaren.

För järnvägsprojekt finns speciella förutsättningar och möjligheter kopplat till att det används flera olika elektriska system för driften av järnväg. Man kan först tänka att det borde vara enkelt att använda eldrivna spårfordon för järnvägsunderhåll i och med att tåg i Sverige till mycket stor del drivs av el via kontaktledning. Det går dock oftast inte eftersom merparten av underhållsarbeten i spåren kräver att kontaktledningarna kopplas ifrån enligt gällande regler för elsäkerhet. Vid nybyggnation av järnväg finns dock möjligheter att använda anslutningspunkter för järnvägens hjälpkraftsystem (inte el för tågdrift) för elektrifiering av anläggningsbyggandet om dessa anslutningspunkter dras fram redan innan anläggningsarbetena påbörjas. Det är alltså även här en planeringsfråga eftersom elanslutningarna i vanliga fall dras fram efter att de stora och resurskrävande anläggningsarbetena avslutats. I projekteringen av förfrågningsunderlag för byggande av ny järnväg Hallsberg-Stenkumla har WSP tillsammans med Trafikverket och nätägare sett över vilka behov av anslutningspunkter och anslutningseffekter som finns för att möjliggöra ett elektrifierat anläggningsbyggande utifrån arbetenas planerade omfattning och behov av maskinresurser (WSP, 2024). Det har gjorts i form av en detaljerad karta som specificerar dessa anslutningspunkter. Trafikverket planerar

¹Se (Skellefteå kommun, 2023)

att beställa framdragning av dessa anslutningspunkter av nätägaren innan entreprenadstart, samt att tillhandahålla kartan i förfrågningsunderlag för att ge entreprenörer möjlighet att planera för ett elektrifierat anläggningsbyggande redan i anbudsskedet.

För det löpande vägunderhållet i basunderhållsentreprenader (vinterväghållning m.m.) finns utmaningen att de fordon (främst lastbilar) som används för snöröjning och halkbekämpning arbetar på långa sträckor med tunga arbeten vilket kräver hög effekt. ViaPM har i förstudien *Plan Zero – Omställning till emissionsfria vägunderhållsentreprenader* undersökt vilka systemlösningar som kan vara lämpliga och aktuella för att uppnå nollutsläpp för just vinterväghållning av vägar (Johnson, et al., 2022). Förstudien fokuserar på vätgas/bränsleceller (FCEV) som tekniklösning för att lösa utmaningen med långa körsträckor och hög effekt. Förstudierapportens slutsatser är bl.a. att tekniken finns och utvecklas mot serieproduktion i allt snabbare takt och förväntas finnas tillgänglig inom 5–10 år. Bedömningen är att en FCEV-drivlina är 2–3 gånger dyrare än motsvarande ICE-drivlina fram till 2025, men prisskillnaden förväntas jämnas ut fram till 2030. De pekar också på att vissa tillståndsprocesser behöver förenklas och standardiseras. Produktionen av vätgas bedöms dock inte vara en flaskhals. Däremot är infrastrukturen för lagring, tankning och distribution inte mogen i dagsläget, men förväntas utvecklas mycket de närmaste åren.

3 TIDIGARE OCH NUVARANDE STYRMEDEL

Kapitlet redovisar vilka krav som ställs av EU, nuvarande styrmedel i Sverige som driver mot nollutsläppsutveckling för entreprenadfordon och arbetsmaskiner samt krav som ställs i andra länder och av andra beställare på användning av nollutsläppsfordon/-maskiner inom entreprenad.

3.1 OFFENTLIG UPPHANDLING

Det styrmedel som direkt träffar nollutsläppsfordon inom Trafikverkets entreprenadverksamhet är självfallet upphandling av underhåll och olika typer av bygg- och anläggningsprojekt för väg och järnväg. Nedan redovisas översiktligt regelverket kring offentlig upphandling.

Upphandling syftar till att tillgodose det upphandlade myndighetsbehovet till så låg kostnad som möjligt. Ytterst regleras det av regler inom EU. EU:s upphandlingsdirektiv har fem rättsprinciper som bör gälla: icke-diskriminering, likabehandling, transparens, proportionalitet och ömsesidigt erkännande. Det innebär att villkoren för hur projekten tilldelas följer dessa principer. Anbudet kan utvärderas utifrån pris, kostnad² eller bästa förhållandet mellan pris och kvalitet.

I lagen (2016:1145) om offentlig upphandling anges att en upphandlande myndighet bör beakta miljöhänsyn vid offentlig upphandling om upphandlingens art motiverar det.

Varken EU:s direktiv eller lagen (2016:1145) om offentlig upphandling ställer några tvingade krav för upphandlande myndigheter att ta miljö- och klimathänsyn. En skarp formulering finns dock i den klimatpolitiska handlingsplanen där offentlig upphandling pekas ut som ett effektivt verktyg för att bland annat bidra till att Sveriges klimatpolitiska mål uppnås.

Sverige har dessutom en av de mest decentraliserade beslutsprocesserna för upphandling, där beslut kan fattas av olika myndigheter och ofta även av enskilda tjänstemän. Ett sådant decentraliserat system ställer höga krav på enskilda tjänstemän om till exempel upphandlingar skall ta miljö- och klimathänsyn. Om den offentliga sektorn skall bidra till att uppnå miljö- och klimatmålen krävs det dessutom samordning.

² Utvärdering av lägsta pris kan exempelvis göras genom att pris anges totalt för hela uppdraget, per månad, per timme eller för levererad produkt. Kostnad avser istället kostnadseffektivitet.

3.1.1 Trafikverkets krav vid upphandling

Trafikverket har under lång tid samarbetat med Göteborgs, Malmös och Stockholms stad kring gemensamma miljökrav för bland annat arbetsmaskiner, lätta fordon och tunga fordon inom entreprenad. Under våren 2024 kommer uppdaterade *Gemensamma miljökrav för entreprenader* att publiceras.

Kraven för arbetsmaskiner är direkt kopplade till ålder eller avgasutsläpp via Steg-krav. Det generella kravet är att arbetsmaskinernas motorer som omfattas av EU:s regelverk inte ska vara äldre än 12 år. I särskilt känsliga områden är ålderskravet högre, där får arbetsmaskinerna inte vara äldre än 6 år, alternativt måste de klara minst Steg IV (Trafikverket, 2018). Därutöver ska den samlade energianvändningen till fordon och arbetsmaskiner i entreprenader från och med år 2030 bestå av 100% el från förnybara energikällor och/eller hållbara höginblandade och hållbara rena biodrivmedel (Trafikverket, 2023a).

Från och med 2020 ställs krav på att lätta fordon ska uppfylla Euroklass 5 eller senare Euro-krav i upphandlingar. Kravet syftar till att fasa ut användningen av fordon med dåliga emissionsegenskaper och gäller för fordon som ingår i uppdrag där storstäderna och Trafikverket är beställare. Lätta tvåvägsfordon omfattas inte i kraven (Trafikverket, 2018).

De krav som ställs i upphandling som görs från och med 2020 är att tunga fordon ska uppfylla Euroklass V eller senare Euro-krav. Vidare ska tunga fordon som för sin uppgift på arbetsplatsen drivs med el, och använder förbränningsmotor för sin förflyttning/framdrift, uppfylla Euro IV. Fordonets förbränningsmotor får i sådant fall inte användas under arbete eller för att framställa el.

I känsliga områden ska tunga fordon i upphandlingar som görs från och med 2020 uppfylla Euroklass VI eller senare Euro-krav. Tunga fordon som drivs på el för sin uppgift på arbetsplatsen och som använder förbränningsmotor för sin förflyttning/framdrift ska uppfylla Euro V. Fordonets förbränningsmotor får i sådant fall ej användas under arbete eller för att framställa el.

De ovan beskrivna kraven omfattar inte tunga tvåvägsfordon, tunga spårfordon och spridarbilar för tankbeläggning. Utöver de fordon som klarar de generella kraven får även direktimporterade fordon från USA, som saknar Euroklass, specifikt användas för transport av geoteknisk utrustning. Dessa direktimporterade fordon får inte vara äldre än 12 år, tillverkningsåret oräknat (Trafikverket, 2018).

För större investeringsprojekt med totalkostnad på minst 50 miljoner kronor ställer Trafikverket dessutom separata upphandlingskrav. Det gäller för reduktion av klimatpåverkan utifrån ett utgångsläge beräknat med Klimatkalkyl där bland annat bränsleförbrukning från arbetsmaskiner ingår i beräkningen. För mindre investeringsprojekt med totalkostnad under 50 miljoner kronor ställs krav på material, drivmedel och fordon. Dessa gäller även för underhållsentreprenader.

Trafikverket har nyligen infört möjligheten att i kontrakt ge en bonus på 1,3 kronor per kWh förnybar el som förbrukas av nollutsläppsfordon och -arbetsmaskiner för entreprenadarbetenas utförande. Bonusen betalas en gång per år och betalas utöver eventuell bonus avseende utsläppsreduktion.

3.2 ANDRA STYRMEDEL INOM EU

Koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner har länge varit relativt oreglerade inom EU, men ingår sedan 2018 i de krav på utsläppsminskningar som har fördelats mellan EU:s medlemsstater genom den så kallade Ansvarsfördelningsförordningen (ESR). Förordningen fastställer att utsläppen inom ESR ska minska med 30% till 2030 jämfört med 2005.

Vidare regleras sedan 1999 utsläpp av luftföroreningar från motorer som används i arbetsmaskiner inom EU genom Förordning (EU) 2016/1628 om krav för utsläppsgränser för gas- och partikelformiga föroreningar samt typgodkännande av förbränningsmotorer för mobila maskiner som omfattar både maskiner som används yrkesmässigt och i privatbruk. Utsläppsgränsvärdena för motorer har successivt skärpts över tid. Från och med den 1 januari 2020 gäller Steg V-kraven för de flesta typer av motorer som används i arbetsmaskiner. Dessa Steg V-krav reglerar utsläpp av partikelformiga föroreningar och ozonbildande ämnen som kväveoxider (NO_x) samt kolväten och gäller när en motor sätts på marknaden, säljs eller

registreras. Syftet med regleringen är att successivt minska utsläpp och fasa ut utrustning med de mest förorenade motorerna. Förordningen reglerar varken energiförbrukning eller utsläpp av koldioxid.

För lätta fordon har det funnits EU-krav på utsläpp av luftföroreningar sedan början av 90-talet och koldioxidkrav sedan 2009. Det första gemensamma regelverket för obligatoriska utsläppskrav kallades Euro 1 och har sedan dess skärpts i omgångar. Personbilar och lätta transportfordon som säljs nya i Sverige måste klara kraven för Euro 6. För nya tunga fordon gäller Euro VI. Inom samma miljöklass ställs olika krav beroende på om det handlar om bensin- eller dieselmotorer. Euroklasserna reglerar utsläpp av kväveoxider (NO_x), kolväten (HC), partiklar (PM) och koldioxid (CO).

I augusti 2019 trädde den första EU-omfattande förordningen (EU förordning 2019/1242) avseende koldioxidutsläpp för tunga lastbilar i kraft. Förordningen gäller genomsnittliga koldioxidutsläpp för tillverkare av nya tunga lastbilar och innebär krav på tillverkare att årsvis minska de genomsnittliga utsläppen i jämförelse till en referensperiod. I februari 2023 presenterade kommissionen ett förslag om att skärpa normerna för koldioxidutsläpp från tunga fordon och om fler fordonstyper, såsom mindre lastbilar, arbetsfordon, bussar, långfärdsbussar och släpvagnar, ska omfattas av kraven. Inget beslut har ännu fattats i ärendet.

EU har även nått en överenskommelse om skärpta krav för lätta fordon som innebär att inga ny tillverkade lätta fordon med utsläpp, varken koldioxid eller luftföroreningar, får säljas inom EU från år 2035 (Europeiska unionens råd, 2022). Uppgörelsen är en del av genomförandet av EU:s klimatpaket Fit for 55 (European Council, 2023)..

Senast år 2025 måste det finnas laddningsmöjligheter för lätta fordon med högst 60 kilometers mellanrum längs TEN-T-stomvagnätet (som utgörs av E4, E6, E10 och delar av E18, E20 och Rv40). Effektkravet ökar till år 2027, och från år 2027 tillkommer även motsvarande krav på TEN-T övergripande vagnät. För tunga fordon måste det senast år 2025 finnas laddningsmöjligheter på 15% av TEN-T-vagnätet (både stom och övergripande), på minst var 120:e kilometer. År 2027 ska 50 procent av vägarna täckas in och senast år 2030 ska det finnas laddstationer på minst var 60:e kilometer på stomnätet och var 100:e kilometer på det övergripande vagnätet. Laddstationerna för tunga fordon ska ha en minsta effekt på 350 kW och för lätta fordon en minsta effekt på 150 kW. (Europaparlamentet, 2023) .

Det ska dessutom senast år 2030 finnas tankstationer för vätgas längs TEN-T stomnätet med ett maximalt avstånd på 200 km. Vätgastankstationerna ska vara utformade för en kumulativ kapacitet på minst 1 ton per dygn. Det ska även finnas vätgastankstationer i de urbana knutpunkterna (Europaparlamentet, 2023).

EU-krav Steg V är ställda så att arbetsmaskiner som sätts på marknaden 2019 (med given effekt) ska uppnå satta partikelkrav. Således ska det inte tillkomma maskiner på marknaden som inte uppnår dessa krav. Kartläggningen av arbetsmaskiner har täckt in flera olika tillverkare av arbetsmaskiner – Volvo, CAT, Liebherr, Platform Basket, Weycor, Mc Closkey, Benzin, Metso, Ausa och Manitou. I Tabell 2 har nettoeffekten för arbetsmaskinerna sammanställts som ett spann och täcker in stora och små arbetsmaskiner inom de vanligt förekommande kategorierna för arbetsmaskiner i Trafikverkets anläggningar.

De krossverk som har kartlagts är mobila, dieseldrivna som bearbetar berg/sten. Under kartläggningen framkom att det även förekommer eldrivna krossverk. De som har inkluderats är de som drivs med andra drivmedel, framför allt diesel. Det har även varit utmanande att kartlägga arbetsmaskiner som används för järnväg, detta då det finns få i Sverige.

Tabell 2. Sammanställning av EU:s Steg-krav V på partikelnivåer och kartläggning av vilka vanligt förekommande arbetsmaskiner som kan omfattas av kraven.

Utsläppskategorier		Steg V						
		NRE-v/c-1	NRE-v/c-2	NRE-v/c-3	NRE-v/c-4	NRE-v/c-5	NRE-v/c-6	NRE-v/c-7
Effekt	kW	P < 8	8 ≤ P < 19	19 ≤ P < 37	37 ≤ P < 56	56 ≤ P < 130	130 ≤ P < 560	P > 560
Gäller motorer satta på marknaden		2019	2019	2019	2019	2020	2019	2019
CO	g/kWh	8	6,6	5	5	5	3,5	3,5
HC						0,19	0,19	0,19

NOX		HC + NOX	HC + NOX	HC + NOX	HC + NOX	0,4	0,4	3,5
		≤ 7,50	≤ 7,50	≤ 4,70	≤ 4,70			
PM		0,4	0,025	0,015	0,015	0,015	0,015	0,045
PN	#/kWh	-	-	1 x 1012	1 x 1012	1 x 1012	1 x 1012	-
Bandgrävmaskiner			x	x	x	x	x	
Bandtraktor/ bandschaktare					x	x	x	x
Hjulgrävmaskin					x	x	x	
Hjullastare					x	x	x	x
Grävlastare (ramstyrda)						x		
Dumper							x	
Teleskop truck			x	x	x	x	x	
Vält			x	x	x	x	x	
Asfaltsläggare					x	x	x	
Krossverk (bergkross)							x	
Spärriktare							x	
Liftmotorvagnar							x	

Steg-kraven gäller från det året som arbetsmaskinen sätts på marknaden och för den nettoeffekten som arbetsmaskinen har. Innebörden av detta är att det finns arbetsmaskiner som inte når kraven på Steg V, utan möter upp de kraven som var aktuella när de sattes på marknaden.

Trafikverket har ett krav på upphandlingar som görs från och med 2020 enligt följande:

”Arbetsmaskiner får inte vara äldre än 12 år, tillverkningsåret räknat. Arbetsmaskiner vars motorer uppfyller kraven enligt Steg IV eller senare Steg-krav får användas även om ålderskravet inte är uppfyllt.” (TDOK 2012-93)

Det innebär att 2024 kommer de äldsta maskinerna i entreprenader för Trafikverket att vara tillverkade 2012. För dessa gäller EU-krav Steg III B. Tabell 3 redovisar vilka vanliga arbetsmaskiner som omfattas av de olika kravnivåerna.

Tabell 3. Sammanställning av EU:s Steg-krav III B och IV på partikelnivåer och kartläggning av vilka vanligt förekommande arbetsmaskiner som kan omfattas av kraven.

Utsläppskategorier		Steg III B				Steg IV	
		L	M	N	P	Q	R
Effekt	kW	130 ≤ P ≤ 560	75 ≤ P < 130	56 ≤ P < 75	37 ≤ P < 56	130 ≤ P ≤ 560	56 ≤ P < 130
Gäller motorer satta på marknaden		2011-01	2012-01	2012-01	2013-01	2014-01	2014-10
CO	g/kWh	3,5	5	5	5,5	3,5	5
HC		0,19	0,19	0,19	HC + NOX ≤ 4,70	0,19	0,19
NOX		2	3,3	3,3		0,4	0,4
PM		0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
PN	#/kWh	-	-	-	-	-	-
Bandgrävmaskiner		x	x	x	x	x	x
Bandtraktor/bandschaktare		x	x	x	x	x	x
Hjulgrävmaskin		x	x	x	x	x	x
Hjullastare		x	x	x	x	x	x
Grävlastare (ramstyrda)				x			x
Dumper							
Teleskop truck		x	x	x	x	x	x
Vält		x	x	x	x	x	x
Asfaltsläggare		x	x	x	x	x	x
Krossverk (bergkross)		x				x	
Spärriktare		x				x	
Liftmotorvagnar		x				x	

De viktigaste skillnaderna mellan Steg III B och Steg V är utsläppskategorierna som har blivit flera. Steg V omfattar också samtliga arbetsmaskiner oavsett effekt. Steg III B omfattar maskiner med en effekt på minst 56 kW upp till 560 kW. Arbetsmaskiner som förekommer i entreprenader hos Trafikverket som har en nettoeffekt på över 560 kW är bandtraktor/bandschaktare och hjullastare.

3.3 ANDRA STYRMEDEL I SVERIGE

3.3.1 Energi- och koldioxidskatt

Energiskatt och koldioxidskatt ska betalas för de flesta bränslen som används för motordrift och uppvärmning. Drivmedel som används i arbetsmaskiner är således i regel belagta med energi- och koldioxidskatt. Skatterna syftar till att skapa incitament till alla former av utsläppsminskningar samt ökad hushållning av energianvändningen genom att internalisera de negativa externaliteter utsläppen bidrar till i priset för drivmedel. Ett exempel på detta är skattesatsen för bensin som sedan 1 januari 2023 som uppfyller miljöklass 1 på 6 kronor och 31 öre per liter när både energi- och koldioxidskatt är adderat (Skatteverket, u.d.).

För viss användning av bränsle går det att få befrielse eller nedsättning av skatt. Exempelvis har arbetsmaskiner i skogs-, jordbruks-, och vattenbruksnäringarna en skattenedsättning i syfte av att i dessa näringar värna om konkurrenskraften. Därmed kan förare till arbetsmaskiner som utför arbeten inom de näringar som är återbäringsberättigade få reduktion av drivmedelsskatt. Exempel på sådana arbeten är täckdikning åt en skogs- eller jordbrukare på dennes åkrar, eller markberedning inför en skogsplantering (Maskinentreprenörerna, 2023). Rena och höginlandande biodrivmedel, såsom HVO100, FAME100 och E85, är befriande från koldioxid- och energiskatt till och med 2026 (Regeringskansliet, 2022b).

3.3.2 Förhöjd fordonsskatt - malus

För bensin- och dieseldrivna personbilar klass I och II, lätta bussar och lätta lastbilar med höga utsläpp tas en förhöjd fordonsskatt, malus, ut i tre år från det att fordonet blivit skattepliktigt för första gången. Skatten ingick tidigare i bonus malus- systemet, men miljöbonusen upphörde 9 november 2022. Den förhöjda fordonsskatten omfattar bensin- och dieseldrivna personbilar i klass I och klass II, lätta bussar och lätta lastbilar som uppfyller en rad olika kriterier gällande utsläppsnivåer, drivmedel och ålder. Fordonsskattens storlek består av ett grundbelopp (350 kr) samt ett koldioxidbelopp för ett bensindrivet fordon och av grundbelopp, koldioxidbelopp, miljö tillägg och ett bränsletillägg för dieseldrivna fordon (Transportstyrelsen, 2022).

3.3.3 Miljözoner

Miljözoner används för att begränsa användningen av vissa fordon i särskilt miljö känsliga områden. Det är upp till kommunerna att avgöra om, när och var miljözoner ska införas. Från och med den 1 januari 2020 kan kommuner införa miljözon klass 1, 2 eller 3 i sin kommun. Miljözon klass 1 gäller för tunga fordon där grundregeln är att fordonet måste uppfylla fullgod utsläppsklass. Miljözon 2 omfattar personbilar, lätta bussar och lätta lastbilar och även där behöver fordonen uppfylla viss utsläppsklass. I miljözon klass 3 ställs högst krav. Där får endast elfordon, bränslecellsfordon och gasfordon köra med tillägget att för gasfordon gäller utsläppskrav Euro VI. Det gäller för både lätta som tunga fordon. För tunga fordon får även laddhybrider köra om fordonet uppfyller utsläppskraven för Euro VI (Transportstyrelsen, 2023).

3.3.4 Stöd till omställning

Klimatpremie

År 2020 infördes ett introduktionsstöd, en Klimatpremie, för att främja en marknadsintroduktion av miljölasterbilar, eldrivna- och miljöarbetsmaskiner i Sverige. Klimatpremien hanteras av Energimyndigheten och har från den 18 januari 2022 utökats och omfattar:

- eldriven arbetsmaskin: ett motorredskap eller en traktor enligt lagen om vägtrafikdefinitioner, SFS 2001:558, som har en nettoeffekt över 15 kW och som drivs enbart av elektrisk energi från en bränslecell, ett batteri eller en extern källa
- miljöarbetsmaskin: ett motorredskap eller en traktor enligt lagen om vägtrafikdefinitioner, som har en nettoeffekt över 75 kW och som är avsedd att drivas antingen enbart av fordonsgas eller bioetanol, eller av någon av dessa i kombination med elektrisk energi från en bränslecell, ett batteri eller en extern källa.

Vid berättigande till stöd kan den sökande få ersättning motsvarande 20% av inköpskostnaden men högst 40% av den stödberättigade kostanden som utgörs av prisskillnaden mellan den eldrivna arbetsmaskinen eller miljöarbetsmaskinen och närmast jämförbara fordon. Stödet kan sökas av företag, kommuner och regioner som ska köpa en miljölastbil, en eldriven arbetsmaskin eller en miljöarbetsmaskin (Energimyndigheten, 2022).

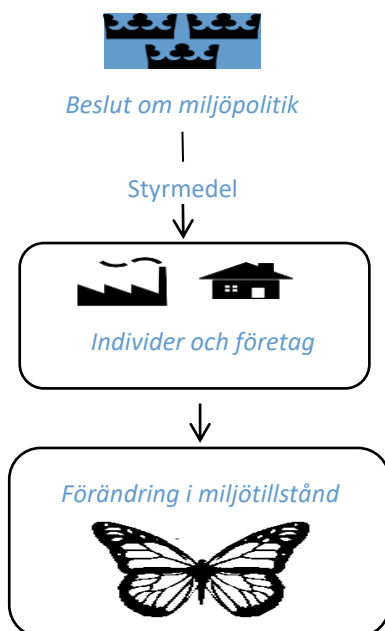
I en promemoria från Regeringen (Klimat- och näringslivsdepartementet, 2023) föreslås att klimatpremien inte längre ska beviljas för biogasdrivna lastbilar och arbetsmaskiner, utan endast till dem som är eldrivna. Det skulle innebära att effektgränsen på 15 kW i den nuvarande ordförklaringen av eldriven arbetsmaskin flyttas till ordförklaringen av miljöarbetsmaskin. Samt att den lägre effektgränsen ersätter effektgränsen på 75 kW i den nuvarande ordförklaringen av miljöarbetsmaskin. Effektgränsen på 75 kW har varit aktuell för maskiner som använder biogas och bioetanol.

Klimatklivet

Klimatklivet är ett investeringsstöd som ges till olika typer av åtgärder som skapar hög och varaktig klimatnytta. Tidigare har stöd getts ut till åtgärder som gällt byte till eldrivna arbetsmaskiner och pump inom jordbruket. En del av klimatklivets stöd har även gått till arbetsmaskiner inom andra sektorer, tex asfaltvältar och truckar. Det finns även möjlighet att få stöd till laddinfrastruktur som ska användas till fordon i den egna verksamheten. Stödnivån i Klimatklivet skiljer sig åt beroende på typ av sökande och typ av åtgärd. Beviljat stöd brukar vanligtvis ligga mellan 30 och 65 procent, men kan aldrig vara mer än 70 procent av investeringskostnaden. Klimatklivet hanteras av Naturvårdsverket och delfinansieras av EU:s återhämtningsfond, NextGenerationEU. (Naturvårdsverket, 2022).

3.4 OFFENTLIG UPPHANDLING OCH ANDRA STYRMEDEL

Arbetsmaskiner som används i Trafikverkets verksamhet regleras på olika nivåer av de styrmedel och krav som ställs på marknaden. Figur 4 är en principiell illustration om hur beslut om miljöpolitiken tas. Politiker tar beslut om miljömålen och de styrmedel som behövs för att nå dem.



Figur 4. Miljöpolitik kan förenklat illustreras i några steg från politiskt beslut till förändring i miljön.

Styrmedlen sätter spelreglerna för utbudssidan (företagen) och efterfrågesidan (hushållen) på marknaden och om de är välutformade förmår de att vidta åtgärder som förbättrar miljön. Många gånger finns det dock varor och tjänster som privata aktörer inte kan leverera men som är viktiga för ekonomin, en sådan vara är infrastruktur för transport. Det innebär att Trafikverkets upphandlingar inom entreprenörsverksamhet bör ses som en myndighet som agerar på marknaden som köpare och säljare på samma villkor som privata aktörer.

Resonemanget ovan har betydelse för hur kraven i upphandlingar bör uppfattas som regleringsinstrument. Det är inte ett styrmedel i egentlig mening som sätter spelregler på marknaden utan tvärtom visar det på att det påverkas direkt av de spelregler som klimat- och miljöstyrmedlen sätter på marknaden.

Offentlig upphandling har dock ett visst utrymme att ställa högre miljökrav än vad spelreglerna på marknaden förmår. Detta handlingsutrymme beror på den vikt och påverkan som den upphandlande myndigheten har på marknaden. Om myndigheten har stor makt kan den ställa större krav och få aktörerna att anpassa sig till villkoren. Om myndigheten däremot har mindre makt är även makten att ställa högre krav begränsad. Om myndigheten ställer högre krav än vad dess marknadsmakt tillåter innebär det antagligen att myndigheten själv behöver betala kostnaderna för att nå de högre kraven.

3.5 FORDONSSTRATEGISK FORSKNING OCH INNOVATION (FFI)

FFI driver och finansierar forskning, innovation och utveckling inom klimat, miljö och säkerhet. Det är ett samarbete mellan staten (Vinnova, Trafikverket och Energimyndigheten) och fordonsindustrin (Scania CV AB, AB Volvo, Volvo Car Group och Fordonskomponentgruppen (FKG)).

FFI:s verksamhet är indelad i fem permanenta delprogram, varav ett består av främjandet av nollutsläpp för fordonssektorn. Dessutom kan det finnas tidsbegränsade satsningsområden med särskilda utlysningar. Exempelvis utlystes år 2021 programmet fossilfria arbetsmaskiner med en särskild satsning på forskning, utveckling och marknadsintroduktion av fossilfria arbetsmaskiner. Totalt fick 14 projekt finansiering våren 2021 (Vinnova, 2023a).

3.5.1 Horisont Europa

Horisont Europa är EU:s ramprogram för forskning och innovation. Programmet har en budget på över 95 miljarder euro och pågår mellan 2021 och 2027. Horisont Europa har olika inriktningar, så kallade pelare. En av pelarna är *Globala utmaningar och europeisk industriell konkurrenskraft*. Inom pelaren återfinns kluster 5 -

Klimat, Energi och Mobilitet där tillämpad forskning som demonstrationsprojekt och i viss mån även investering i marknadsmogen teknik kan finansieras (Vinnova, 2023b).

3.5.2 Övriga stöd

Programmet Regionala elektrifieringspiloter för tunga transporter är en satsning som ska påskynda elektrifiering av godstransporter i Sverige. Inom programmet stödjer Energimyndigheten utbyggnad av strategiskt placerade publika ladd- och tankstationer för el och vätgas. År 2022 fördelades totalt 1,4 miljarder kronor inom programmet (Energimyndigheten, 2023b). Vidare har Riksgälden i uppdrag att ställa ut statliga kreditgarantier för nya lån som företag tar upp hos kreditinstitut för att finansiera stora industriinvesteringar i Sverige som bidrar till att målen i miljömålssystemet och det klimatpolitiska ramverket nås. För att kunna ta del av en garanti måste lånet uppgå till minst 500 miljoner kronor och garantin täcker upp till 80 procent av lånet (Riksgälden, 2021).

3.6 INTERNATIONELL UTBLICK - KRAV I ANDRA LÄNDER OCH AV ANDRA BESTÄLLARE

Få offentliga beställare inom EU uppmuntrar för närvarande användning av nollutsläppsmaskiner och fordon via upphandling, vilket kan förklara varför relativt få tillverkare tillhandahåller elektriska arbetsmaskiner på den europeiska marknaden (Trafikverket, 2021). Ett undantag är däremot Norge och Oslo kommun som i flera år, genom bland annat upphandling, arbetat för att använda emissionsfria arbetsmaskiner i olika typer av projekt. Oslo kommun har exempelvis sedan 2019 prioriterat leverantörer som kan erbjuda utsläppsfria entreprenadmaskiner och fordon i byggprojekt där Oslo kommun är beställare. Man har lyckats med detta genom att parallellt bygga upp en nationell marknad för efterkonvertering där staten gett stora stöd för efterkonvertering i kombination med krav i upphandling. Ett steg i detta var att Oslo kommun genom en tävling för maskinuthyrningsmarknaden slöt ett tjänstekoncessionsavtal med den vinnande maskinuthyraren Sørby utleie som kunde erbjuda efterfrågade maskintyper, och sedan krävde att entreprenörerna använde hyresmaskiner enligt det avtalet (Axelsson, et al., 2024). Detta har resulterat i att Volvo CE och andra maskintillverkare har satt sina konceptmaskiner, prototyper eller förserier på den norska marknaden. Norska Rental Group har ett mål för 2025 om att 50% av koncernens investeringar ska vara nollutsläppslösningar, och man har nyligen slutit avtal med de kinesiska maskintillverkarna Sany Mining Group och LiuGong för att kunna erbjuda större batterielektriska maskiner med möjlighet till längre arbetstider (Rental Group, 2023).

På nationell nivå har man i Norge genomfört flera åtgärder för att minska utsläpp från arbetsmaskiner, så som omställningsstöd ENOVA, miljökrav i upphandling samt underlättande av gemensamma standarder för utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser (SINTEF, 2021).

Tabell 4 visar några av de utsläppskrav och mål som ställs av andra beställare i andra länder. Observera att här redovisas både mål/krav för växthusgasutsläpp/nollutsläpp och krav för reglerade utsläpp av luftföroreningar. Noterbart är att det finns gott om krav kopplat till luftkvalitet och förnybar energi men färre gällande nollutsläpp. Framst ställer olika offentliga upphandlare krav på utsläppsklass. I London återfinns exempelvis miljözoner där minimikrav ställs på att arbetsmaskiner ska uppfylla viss utsläppsklass för att få användas inom miljözonen och till 2040 ställs krav på nollutsläpp från entreprenadmaskiner i hela London (Transport for London, 2022).

I Finland inkluderar Trafikledsverket miljökrav i flera av sina upphandlingar där krav ställs på bland annat utsläppsklass för lastbilar och entreprenadmaskiner. Däremot finns högre ambitioner då Trafikledsverket har planer på att införa krav på användandet av fossilfria bränslen i Finland (Trafikledsverket, 2023).

Trafikledsverket har även anslutit sig till miljöministeriets Green Deal-avtal "Utsläppsfria byggarbetsplatser - Hållbara projekt", med målet att genom offentliga upphandlingar minska de utsläpp som uppkommer på de upphandlande enheternas arbetsplatser. Genom avtalet ska utsläpp från maskiner, el och uppvärmning på byggarbetsplatserna gradvis minska till år 2030. Målet är att före slutet av 2025 ska fossilfrihet uppnås vid

infrastruktur- och byggarbetsplatser hos de parter som har anslutit sig till avtalet. Vidare ska 20 procent av arbetsmaskinerna vara helt utsläppsfria till 2025 och 50 procent före 2030.

Trafikledsverkets mål är däremot lägre än målnivån för Green Deal-avtalet, eftersom trafikledsprojekten med avseende på alternativa framdrivningskrafter hamnar i områden där tillgång till el ofta utgör en utmaning och den utrustning som används i projekten också är större än den som i allmänhet används på byggarbetsplatser i städerna. Myndighetens mål är att år 2025 ska fem procent av maskinerna använda el, biogas och vätgas, medan år 2030 ska mängden vara 20 procent (Trafikledsverket, 2022).

Det finns även olika forum och initiativ som Clean Constructive Forum (C40) och Big Buyers Initiative där medlemmar fokuserar på att minska sin miljöpåverkan. I Big Buyers Initiative som är ett initiativ på EU nivå uppmantras stora statliga inköpare att ta fram och medverka i strategier som bidrar till utveckling av nollutsläppsbyggarbetsplatser samt att fler tyngre elektrifierade maskiner lanseras på marknaden (Eurocities, 2023).

Tabell 4. Internationella exempel på miljökrav och mål för arbetsmaskiner och entreprenadfordon inom anläggningsmarknaden. Observera att här redovisas både mål/krav för växthusgasutsläpp/nollutsläpp och krav för reglerade utsläpp av luftföroreningar.

Land/organisation bakom kraven	Mål	Krav
Norge: Statens Vegvesen	Mål att minska utsläppen av växthusgaser från vägtransporter, byggande och drift inom den egna verksamheten med 55 procent till år 2030.	Krav på att alla entreprenörer är miljöcertifierade och rapporterar om CO ₂ -utsläpp. Alla kontrakt måste även innehålla miljökrav och incitament för innovation.
Norge: Oslo kommun Klimat och miljökrav för Oslo kommuns bygg- och arbetsplatser.	Mål att all byggverksamhet i kommunen ska vara utsläppsfri år 2030. Från och med 2025 kommer alla byggarbeten som beställs av Oslo kommun att utföras som nollutsläppsbyggarbetsplatser.	Krav varierar beroende på projektets storlek. För projekt under 5 miljoner kronor kan uppdragsgivare bestämma om tilldelningskriterier ska gälla.
		Över 5 miljoner gäller tilldelningskrav där miljöhänsyn tilldelas 30%.
		Över 56 miljoner gäller minimikrav på fossilfria entreprenadmaskiner och fordon för transport av massor och avfall samt utsläppsfri uppvärmning och torkning av byggarbetsplatsen
		I alla kontrakt ska utrustning, fordon och entreprenadmaskiner i så stor utsträckning som möjligt ha nollutsläppsteknik. Om detta inte är möjligt ska biobränsle användas.
Finland: Trafikledsverket-Green Deal	Myndighetens mål är att till år 2025 ska fem procent av maskinerna använda el, biogas och vätgas, medan år 2030 ska andelen utsläppsfritt vara 20 procent.	Arbetsmaskiner som används vid byggarbetsplatser uppfyller minst Steg IV och lastbilar Euro VI
Nederländerna: PIANOo		Steg III A/B krävs för arbetsmaskiner, beroende på maskinens motoreffekt inom intervallet 19 kW till 56 kW. För arbetsmaskiner med en effekt mellan 56 kW och 569 kW gäller Steg IV. Enbart rekommenderade krav att ställa för myndigheter som vill konkretisera hållbar upphandling.
Nederländerna: ProRail, Ministeriet för infrastruktur och vattenförvaltning och Rijkswaterstaat	Arbetar med utveckling av gemensam färdplan som ska leda till utsläppsfria byggarbetsplatser till 2030	

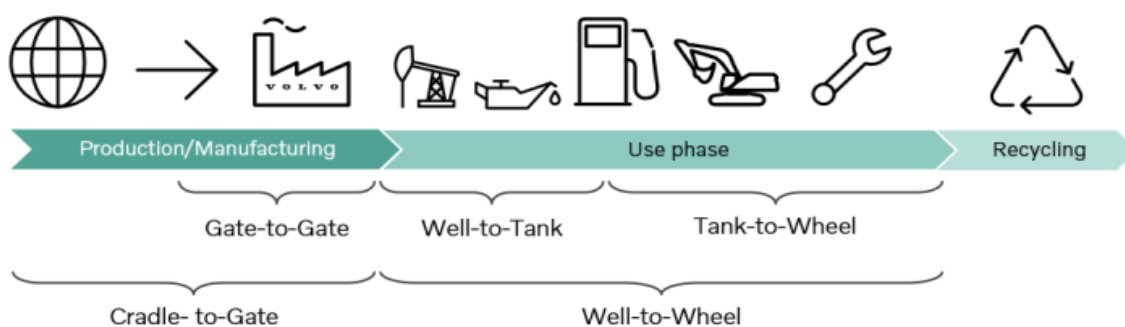
England: London		Steg IV krävs för arbetsmaskiner med en effekt mellan 37 kW till 560 kW i de områden som ingår i Central Activities Zone (CAZ) och Steg IIIB i resterande London. Det ställs krav på nollutsläpp från entreprenadmaskiner i hela staden till år 2040.
Tyskland: Berlin		Steg IIIA för maskiner med en motoreffekt mindre än 37 kW och steg IIIB för maskiner inom intervallet 37 kW till 56 kWh. Steg IV för maskiner med en motoreffekt större än 56 kWh. Gäller för maskiner som används på offentliga byggarbetsplatser.
Clean Construction Forum C40	Medlemmar ska tillsammans halvera sina koldioxidutsläpp till 2030.	
Big Buyers Initiative: Climate and Environment	Fokuserar för nuvarande bland annat på byggarbetsplatser med nollutsläpp och elektrifiering av tyngre fordon	

4 VÄGEN TILL NOLLUTSLÄPP FÖR ENTREPRENADMARKNADEN

Som beskrivs i Kapitel 2 är merparten av de fordon och arbetsmaskiner som idag används inom entreprenader dieseldrivna. Få entreprenörer investerar eller använder sig av nollutsläppsfordon i sin verksamhet och nollutsläppsutvecklingen bedöms ännu vara i ett tidigt skede. I följande kapitel redovisas hur nollutsläppsutvecklingen ser ut idag, hur marknadens aktörer ser på utvecklingen framöver och de framgångsfaktorer som identifierats för att en övergång till användning av nollutsläppsmaskiner ska uppnås.

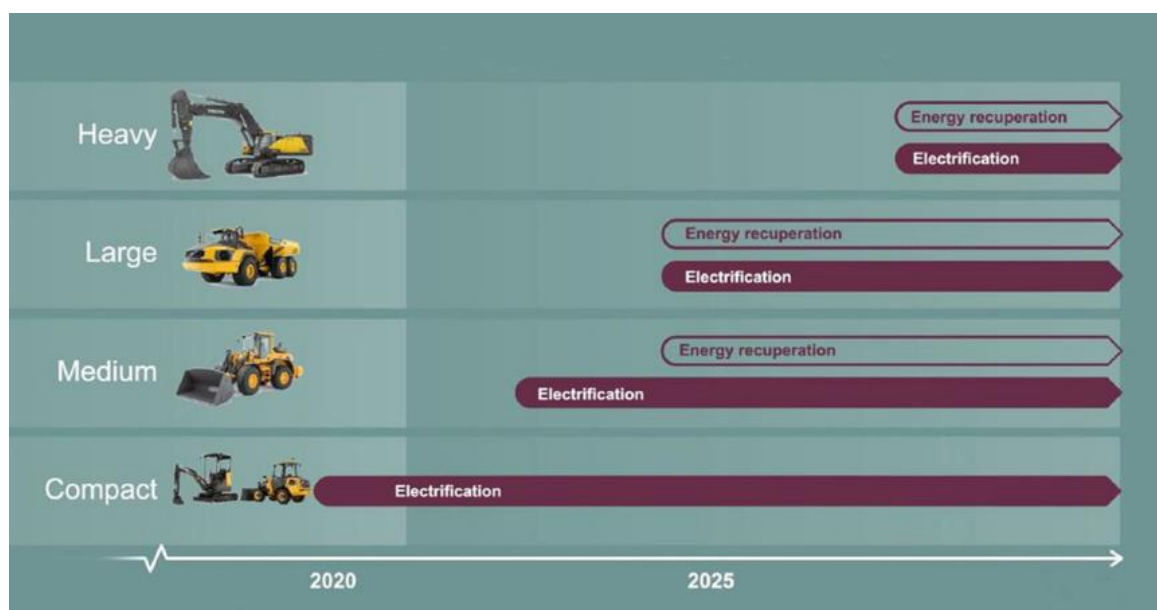
4.1 NOLLUTSLÄPPSUTVECKLINGEN IDAG

Definitionen av ett nollutsläppsfordon/maskin kan variera mellan olika länder och sammanhang. I följande rapport används begreppet nollutsläppsfordon/maskin som ett fordon eller en arbetsmaskin som i Figur 5 nedan motsvarar fasen "Well-to-Wheel". Det innebär arbetsmaskinen/fordonet har noll utsläpp av koldioxid och emissioner under användningsfasen och att den energi som används i form av bränsle eller el ska komma från förnybara och fossilfria energikällor. Elektrifierade arbetsmaskiner som använder förnybar energi uppfyller denna definition av nollutsläppsmaskin och är den tekniklösning som studeras mer noggrant i följande rapport. Samtidigt är det värt att notera att för denna definition så kan utsläpp fortfarande ske i samband med maskinframställningen och från bland annat slitage av däck och vägunderlag (Trafikverket, 2022a).



Figur 5. Illustration av livscykeln för ett fordon eller arbetsmaskin och för bränslen och begrepp som beskriver olika faser av livscykeln (Trafikverket, 2022a).

I Figur 6 visas en bild av Volvo CE:s (Construction Equipments) långsiktiga strategi för elektrifiering av sitt utbud av arbetsmaskiner. Volvo CE får anses vara den av de stora, internationella, tillverkarna av arbetsmaskiner som har de mest ambitiösa målsättningarna när det gäller elektrifiering. Utvecklingsscenariot bör därför ses som ett "best case" för den övergripande utvecklingen på marknaden. Det finns redan ett relativt stort utbud av kompaktmaskiner tillgängliga på marknaden, medan det precis har börjat introduceras serietillverkade mellanstora maskiner. Volvo CE erbjuder idag en 23 tons bandburen grävare och en 24 tons hjulburen grävmaskin för materialhantering i det segmentet. Inom segmentet stora maskiner förväntas introduktion av modeller under de närmaste åren (idag erbjuder Volvo CE en konverterad 20 tons hjullastare) och för de riktigt tunga entreprenadmaskinerna kan modellintroduktioner förväntas dröja ytterligare några år. I sina strategier anger Volvo CE även att utveckling av t.ex. nya affärsmodeller för "kostnad per timme" och ramverk för utveckling av batterier och laddningsinfrastruktur hänger ihop med, och löper parallellt med, utvecklingen av maskinerna.



Figur 6. Illustration av Volvo Construction Equipments långsiktiga strategi för elektrifiering av arbetsmaskiner. Källa: (Volvo, 2023)

Vid en jämförelse av Volvo CE:s planer med andra stora maskintillverkare som Hitachi, JCB och Wacker Neuson ser man att de har börjat sätta liknande produkter på marknaden och har liknande strategier och planer för elektrifiering av sitt maskinutbud, om än inte med lika tydliga och ambitiösa utfästelser. För den allra största av tillverkarna, Caterpillar, hittar vi inte några offentliga liknande planer för omställning till elektrifiering, men de har en vision om att sluta sälja maskiner med dieselmotorer 2045. De satsar även på elektrifiering av t.ex. maskiner för användning i gruvor och demonstrerar sitt koncept "Power of Possible" på mässan CES 2024 i Las Vegas, en av världens största tech-mässor. Det finns också flera andra exempel på maskintillverkare som nu sätter enstaka större maskiner på marknaden. Kubota lanserar en 20-tons bandgrävare för en europeiska marknaden under 2024, Junttan marknadsför en elektrisk pålkran som de säger är "världens första", och Liebherr erbjuder en mobilkran som drivs elektriskt i kranläge.

Utöver det ovan beskrivna utbudet av serietillverkade maskiner erbjuder många leverantörer möjlighet till konvertering av befintliga maskiner från dieseldriven drivlina till elektrifierad drivlina. Det är främst den typen av maskiner som används för att nå målen om utsläppsfritt byggande i Oslo. Volvo CE och andra tillverkare säger sig kunna tillhandahålla lösningar för elektrifiering av de flesta typer av maskiner, även t.ex. mycket stora grävmaskiner, genom konvertering redan i dagsläget. Men det handlar då om mer eller mindre skraddarsydda lösningar för specifika tillämpningar, och det är svårt att utgå från detta för kravställning i entreprenader. I Nederländerna finns flera företag som erbjuder konverterade maskiner. Staad Group konverterar koreanska Doosan-maskiner och har i dagsläget ungefär samma utbud av maskintyper som

beskrivet för Volvo CE ovan. Limach är ett annat företag som ägs av Volvo CE och erbjuder konverterade maskiner för den nederländska marknaden.

Utöver de maskintyper som presenterats i Figur 6 uppskattas ett tiotal elektriska lastbilsmodeller finnas på marknaden. Bland annat erbjuder Volvo Lastvagnar fem olika typer av eldrivna lastbilar i varierade storlekar. För spårgående maskiner är utvecklingen ännu i en tidig fas. Harsco har hybridmaskiner som delvis drivs av el och länder som Norge, Tyskland och Schweiz har beställt maskiner.

De elektrifierade arbetsmaskiner som finns att tillgå idag använder sig främst av tekniker som kabeldrift, strömavtagare eller batteridrift för att förse maskinen med den nödvändiga energin. Arbetsmaskiner med strömavtagare drivs av skenor eller kontaktledningarna som är direktansluta till elnätet. Denna teknik är vanlig inom gruvnäringen där skenorna eller kontaktledningarna är fästa vid taket av tunnlar. Kraftinfrastrukturen till dessa tekniker är kostsam och maskinernas manöverområde är begränsade till den installerade infrastrukturen. Kabelanslutna maskiner drivs av en släpkabel och har på så sätt mer manöverutrymme jämfört med maskiner med strömavtagare, men är begränsade i räckvidd av kabelns längd. Då kabeldrift innebär att arbetsmaskinen är direktansluten till elnätet krävs inget energilagring ombord på arbetsmaskinen. Dessa maskiner är lämpliga för repetitiva arbetsuppgifter på korta avstånd, då det kan vara tidskrävande att flytta kraftförsörjningen (Trafikverket, 2023d).

Det förekommer även att arbetsmaskiner som är direktanslutna till elnätet kan ha en kompletterande drivkälla så som batterier eller förbränningsmotor vilket möjliggör att de kan arbeta även när de inte är direktanslutna till en strömkälla (Trafikverket, 2022a).

Batteridrivna arbetsmaskiner använder sig av ett energilagring ombord på arbetsmaskinen. Batterierna kan antingen laddas medan batterierna är kvar på arbetsmaskinen eller externt i form av ett batteribytestsystem. Det senare innebär att ett eller flera batterier står på laddning medan arbetsmaskinen används och när batteriet ombord börjar bli urladdat kan det bytas ut på några minuter. Denna lösning är en fördel i situationer där tid för att ladda arbetsmaskinerna är begränsad. Däremot kräver det en infrastruktur för batteribyte samt fler laddningsbara batterier. Då energin i batteridrivna arbetsmaskiner lagras ombord på arbetsmaskinen förekommer få begränsningar i vart arbetsmaskinen kan köra och operera (Trafikverket, 2022a).

1 Förutsättningar för nollutsläppsfordon idag

Nollutsläppsutvecklingen för arbetsmaskiner och fordon som används inom entreprenader idag bedöms vara i ett tidigt skede. Få nollutsläppsmaskiner används på marknaden idag och de arbetsplatser som till viss del använder sig av nollutsläppsmaskiner är försökspiloter. Dessa försökspiloter finns enbart i stadsmiljö och har främst testat arbete med mindre eller mellanstora nollutsläppsmaskiner. Möjligheten att investera i nollutsläppsmaskiner är även begränsad då serieproduktion av elektrifierade arbetsmaskiner ännu inte finns i någon större omfattning.

De elektrifierade arbetsmaskiner och fordon som finns att tillgå består främst av maskiner i de mindre storleksklasserna. Det rör sig i huvudsak om mindre grävmaskiner, hullastare och dumprar. Utbudet av tyngre arbetsmaskiner på marknaden är desto färre och de som finns är idag starkt koncentrerade till gruvdrift. Vidare är en stor andel av de nollutsläppsmaskiner som tagits fram avsedda för att användas i inomhusmiljöer och i områden där buller är ett särskilt stort bekymmer, till exempel stadsnära miljöer (Trafikverket, 2021).

Det finns en påtaglig vilja från de flesta aktörer på marknaden att ställa om till eldrivna arbetsmaskiner men det finns hinder för en smidig sådan övergång. Det finns dock även faktorer som talar för att övergången är möjlig redan idag. I intervjuerna framkommer det tydligt att tekniken för övergång till elektrifierade arbetsmaskiner finns tillgänglig redan idag. Vidare lyfter flera aktörer att prestandan för nollutsläppsmaskiner generellt anses motsvara den för dieseldrivna maskiner. Å andra sidan är inte alla tekniska utmaningar lösta när det gäller för elektrifiering av större byggprojekt, flera byggprojekt i ett visst geografiskt område och inte minst när hela branschen ska elektrifieras. Med andra ord finns det prestandaproblem på systemnivå även om enskilda elmaskiner har god prestanda jämfört med dieselmaskiner. Det kan leda till att arbetet med

elektrifiering av byggande och underhåll av vägar och järnvägar kan leda till indirekta kostnader och fördyra arbetet.

I intervjuerna framkommer även hinder för elektrifiering av arbetsmaskiner. De flesta aktörer pekar ut att skillnaden i kostnader mellan fossilt drivna maskiner och eldrivna maskiner fortfarande är betydande, främst inköpskostnader men även TCO. Det är främst av ekonomiska skäl som få entreprenadföretag hittills har investerat i nollutsläppsmaskiner då de höga kostnaderna och risker kopplade till investeringarna ses som stora hinder. Investeringskostnaden för de vanligaste eldrivna maskinerna uppskattas i genomsnitt vara cirka 3,5 gånger högre än för ett konventionellt fordon. De maskinentreprenörer som investerat i elmaskiner verkar inte ha gjort det av ekonomiska skäl utan framförallt av marknadsförings-skäl eftersom maskinerna idag är unika på marknaden. I intervjuerna framförs det tydligt att med den konkurrenssituation som råder på marknaden idag kring uppdragen är marginalerna för små för att inköp av dyrare elmaskiner skall betala sig.

Det finns också en avsaknad av krav vid upphandling vilket innebär att det inte är en nödvändighet för entreprenaderna att använda sig av elektrifierade arbetsmaskiner eller fordon för att utföra ett projekt. Som följd skapas en osäkerhet bland entreprenader ifall en investering i ett nollutsläppsfordon kommer att löna sig då det varken ger ökad vinst i uppdrag eller genererar fler möjligheter till jobb. Särskilt mindre företag möter utmaningar när det handlar om investeringar, då de har svårt att hantera ekonomiska risker på samma sätt som större företag har möjlighet att göra. Ett av de få exempel på upphandlingskrav på nollutsläppsfordon som finns i Sverige kommer från Stockholms stads upphandling av Slakthusområdet i Stockholm. Där ställde man krav på "fossilbränslefritt" inom arbetsplatsen och för tunga transporter till och från arbetsplatsen, samt ett krav på att 10% av maskinarbetet skulle vara "emissionsfritt (eldrift)". Med tilläggen att krossverk ska vara eldrivna, minst ett bergborraggregat ska vara eldrivet, minst en grävmaskin (motsvarande >24 ton dieseldriven) som kommer användas i betydande omfattning ska vara eldriven, samt att samtliga handhållna maskiner ska vara eldrivna.

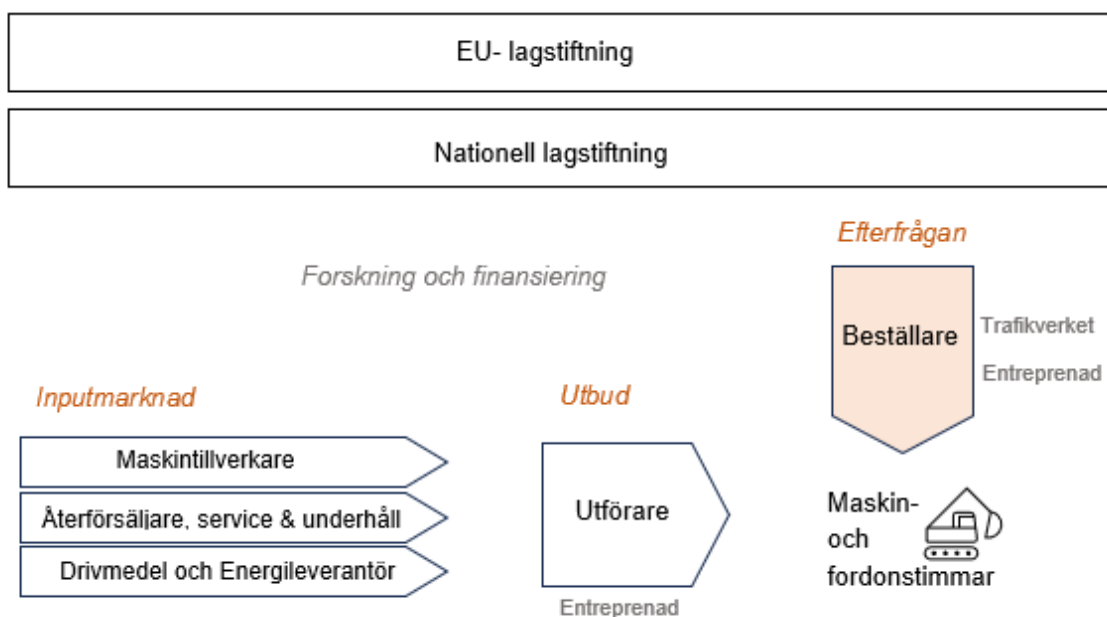
Andra utmaningar är drifttiden och behovet av laddning, framför allt då maskinernas korta drifttider gör det svårt att komma upp i de maskintider som krävs för att en investering ska löna sig. De arbetsmaskiner som finns tillgängliga idag och som använder sig av batteridrift har en genomsnittlig drifttid på 5–6 timmar medan arbetstiderna på ett bygge kan vara uppemot 10–12 timmar. Maskinerna behöver därmed snabbaddas under raster för att kunna vara aktiva under en hel arbetsdag. Lösningen är att få till en energiinfrastruktur som matchar behoven på arbetsplatsen. Det kan vara en komplex utmaning att se till att det finns anslutningspunkter med tillräcklig effekt på strategiskt viktiga platser, energilager på rätt platser för att jämna ut effektbehovet över tid, detaljerad planering av maskinanvändning, logistik och laddningsbeteenden etc. Att minimera transportavstånd mellan energilager och byggarbetsplatsen, eller inom byggarbetsplatsen, kan vara svårt i väg- och järnvägsbygge. Detta har betydelse eftersom mycket energi går åt för förflyttning, planering och övervakning av hela produktionsapparaten för att använda energiresurserna. Det kan också vara så att energilager kan betraktas som farligt gods när de ska flyttas (Skellefteå kommun, 2023), vilket kan kräva särskild planering och tillstånd.

Entreprenadföretag upplever exempelvis att de har korta ledtider för att kunna planera och implementera de systemlösningar som behövs, samt att det tar tid att säkerställa nödvändiga nollutsläppsfordon. Dessutom har det identifierats att mer tid krävs initialt i ett bygge för att säkerställa nödvändig energiförsörjning. En framgångsfaktor för nollutsläppsutvecklingen i Oslo kommun har varit införandet av längre ledtider mellan avtalsskrivande och byggstart (WSP, 2020). Detta för att ge utförare av uppdrag tid att säkerställa nödvändiga nollutsläppsfordon samt för att säkra elkapacitet till anläggningsplatsen

Det noteras även att potentiella kostnadsbesparingar vid elektrifiering med nollutsläppsmaskiner är som störst för de stora arbetsmaskinerna. Idag utgör bränslet, vanligtvis diesel, en betydande andel av driftskostnaden. Viljan att effektivisera och minska dessa kostnader är stor och med dagens elpriser är det ekonomiskt fördelaktigt att driva maskinerna med el istället för diesel. Potentialen för att minska dessa kostnader är störst för stora arbetsmaskiner där bränsleåtgången är betydligt högre. Det innebär i sin tur att efterfrågan på nollutsläppsmaskiner är störst bland de stora arbetsmaskinerna men utbudet av de större elektrifierade arbetsmaskiner är mycket låg. Vi återkommer längre ner med hinder som begränsar utbud av

dessa arbetsmaskiner. Här kan vi konstatera att det finns en låsning på marknaden där efterfrågan på el-maskiner inte kan mötas från utbudssidan. Det finns även ytterligare faktorer som gör att marknaden har svårigheter att bära högre kostnader för till exempel innovationer och ny teknik så som nollutsläppsmaskiner. En är upphandling som en form att driva infrastrukturprojekt generellt samt att varje projekt upphandlas var för sig. Upphandling som en form att bedriva offentlig verksamhet är tänkt att stimulera konkurrens för alla projekt inom den offentliga sektorn. Detta innebär att leverantörer konkurrerar och så som marknaden ser ut idag har priset en central roll. Det innebär att marginalerna är låga och lämnar lite utrymme för investering som fördyrar arbetet som investeringar i nollutsläppsmaskiner. Att varje projekt upphandlas var för sig innebär dessutom att leverantörer blir mer kortsiktiga. Maskinägarna är osäkra på villkoren för kommande uppdrag och är därför försiktiga i att investera i nollutsläppsmaskiner. Längre avtal där flera projekt upphandlas samtidigt skulle kunna skapa större utrymme för investeringar i nollutsläppsmaskiner.

Prisbildningen och marknadsstrukturerna på entreprenadmarknaden bidrar också till svårigheter för övergång till nollutsläppsmaskiner. Som



Figur 3 visar präglas entreprenadmarknaden av att det finns beställare och utförare. Beställaren är ofta en offentlig aktör, och i entreprenadsektorn är Trafikverket en viktig beställare, som i sin tur upphandlar väg- och järnvägsentreprenader. Utförare i entreprenadsektorn kan delas in i större entreprenörer som har avtal om bygge eller underhåll av infrastruktur med Trafikverket. Dessa huvudentreprenörer skriver i sin tur avtal med underentreprenörer som är mindre företag och äger arbetsmaskinerna. Det innebär att det finns en pyramidliknande marknadsstruktur där det högst upp finns några få huvudentreprenörer medan det längst ned finns många underleverantörer. Det leder till att konkurrens mellan huvudentreprenörer är låg medan den mellan underentreprenörer är hög. En situation som liknar en oligopolistisk konkurrens, några få huvudentreprenörer och många underentreprenörer som slåss för att få kontrakten. Det sätter även ramarna för prisbildningen där huvudentreprenörerna har större möjligheter att pressa priser som underentreprenörerna tvingas acceptera på grund av konkurrens. Med tanke på byggprojektens totala kostnad och byggbranschens totala årliga omsättning borde det inte utgöra några problem att bära högre inköpskostnader för el-arbetsmaskiner.

Volvo CE har gjort flera uppföljningar av kostnader för elektrifierade maskiner i olika typer av projekt och redovisar 3–10% ökade kostnader på projektnivå i dagsläget (Tjernström, 2024), men bedömer att större och mognare introduktion av elmaskiner kommer leda till minskade kostnader på längre sikt. Resultaten från en rapport som tagits fram på uppdrag av Maskinentreprenörerna (Sweco, 2023) visar på motsvarande merkostnader på projektnivå om ca 12%. Norska Statens Vegvesen har gjort liknande utvärderingar och uppger att de tidiga nollutsläppsprojekten får en merkostnad på projektnivå om ca 1–3% för 50% eldrift, och

ca 10% för full elektrifiering (Statens vegvesen, 2023), men bedömer att den merkostnaden minskar till ca 5% på medellång sikt, och att det på lång sikt kommer leda till kostnadsminskningar jämfört med att använda förbränningsmotorer med fossilfira drivmedel. Relaterat till detta kan nämnas att Chalmers (Rootzén & Johnsson, 2017) har beräknat att kostnadsökningen för en bil och byggande av flerbostadshus endast skulle bli mindre än 1 % även om kostnader för insatsvaror som cement och stål ökar med så mycket som 70% resp. 25%.

Den pyramidliknande marknadsstrukturen med större makt för huvud- än underleverantörer innebär att de senare måste bära större del av kostnaderna för inköp av elektrifierade arbetsmaskiner. Eftersom underentreprenörerna är de aktörer med lägst vinstmarginaler på marknaden avstår de av ekonomiska skäl från att köpa el-arbetsmaskiner, trots att det verkar som att branschen som helhet skulle kunna bära dessa kostnader. De ekonomiska hindren för övergång till elektrifierade arbetsmaskiner kan därmed beskrivas som ett hinder som beror på marknadsstrukturen om hur kostnadsbördan fördelas mellan olika aktörer på marknaden.

2 UTVECKLINGEN FRAMÖVER

De flesta aktörer på marknaden är överens om att en omställning från dieseldrivna arbetsmaskiner och fordon till fossilfria alternativ krävs för att uppnå en minskad miljö- och klimatpåverkan från entreprenadsektorn. Däremot skiljer sig aktörernas tankar och syn på när och hur den omställningen ska ske. Många maskintillverkare har redan påbörjat en elektrifieringsprocess och satt upp mål för försäljning och produktion av nollutsläppsfordon. Exempelvis har Volvo CE som mål att 35 procent av företagets försäljning ska utgöras av elektrifierade arbetsmaskiner år 2030, medan Caterpillar har en vision om att sluta tillverka dieseldrivna fordon senast 2045 (Zehaie, et al., 2023). Vidare strävar Scania efter att ha hälften av sin försäljning bestående av elektriska fordon under 2030. En rimlig kravställning på andel nollutsläppsmaskiner som används inom entreprenader efter 2030 bedöms av Volvo CE (Zehaie, et al., 2023) vara cirka 30 procent (se Tabell 5). Bedömningen är gjord utifrån förväntad tillgång på nollutsläppsfordon på marknaden. I rapporten *Klimatneutrala anläggningsprojekt – Vad är det?* (Uppenberg, et al., 2023) bedöms motsvarande möjliga nivå för andel nollutsläppsmaskiner 2030 vara ca 20% baserat på undersökningar som gjorts inom forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit.

Tabell 5. Volvo CE:s bedömning av möjliga nivåer för kravställning gällande andel nollutsläppsmaskiner/fordon som används i projekt (Zehaie, et al., 2023).

År	Andel nollutsläppsmaskiner/fordon
2026	10%
2027	15%
2028	20%
2029	25%
2030	30%

Enligt aktörerna bör Trafikverkets krav inriktas på att främja möjliga investeringar, och för det krävs ekonomiskt stöd och incitament. Kraven bör också präglas av långsiktighet och vara konsekventa då det innebär en betydande risk att investera i nollutsläppsfordon om krav och regler plötsligt ändras.

I det följande avsnittet diskuteras de många hinder och utmaningar kopplade till omställningen samt aktörernas efterfrågade åtgärder för att möjliggöra övergången till användandet av nollutsläppsfordon inom entreprenader. Det råder stor enighet kring behov av tydliga mål och krav för att marknaden för nollutsläppsfordon ska utvecklas. Andra faktorer som tros bromsa utvecklingen framöver är osäkerhet kring andrahandsvärde, batteriernas kapacitet, avskrivningstiden och energiförsörjning.

4.1.1 Förutsättningar för utveckling av nollutsläppsfordon

Hinder för användning av nollutsläppsmaskiner idag, som diskuterats i förra avsnittet, har till stor del att göra med efterfrågesidan av marknaden. Nedan diskuteras bland annat hinder på utbudssidan som till stor del har att göra med hur nollutsläppsfordon kan utvecklas i framtiden.

För att ta fram nollutsläppsmaskiner krävs det stora investeringar i helt ny kunskap eller hur kunskap som finns tillgänglig tillämpas inom ett nytt område. Investeringskostnaderna för tillverkarna kan vara enorma och för att investeringen ska löna sig krävs det att marknaden för tillämpningsområdet för de nya produkterna eller tjänsterna är tillräckligt stor. Det krävs då troligen att dessa maskiner efterfrågas av fler större beställare/aktörer än enbart Trafikverket.

Generellt förknippas ny teknik, eller en teknik som tillämpas inom ett nytt område, med betydande inlärningskostnader. Dessa kostnader uppstår när individer, organisationer eller samhällen behöver investera tid, pengar och andra resurser för att förvärva den nödvändiga kunskapen och kompetensen för att använda den nya tekniken effektivt. Att vara först blir därmed en nackdel (*first-mover disadvantage*) och fördröjer implementering av miljöteknik på marknaden. En nackdel som troligen blir mer kännbar i en marknad med hög konkurrens och små ekonomiska marginaler. Därför är detta ytterligare en faktor som fördröjer framtagande och spridning av nollutsläppsmaskiner på marknaden. För att få fart på spridningen är det därför viktigt att dessa faktorer tas med i beräkningar när krav och styrmedel utformas.

4.1.2 Mål och krav

Som tidigare beskrivet i rapporten väcker bristen på tydliga krav osäkerhet bland både tillverkare och användare när det gäller att investera i nollutsläppsfordon. En faktor som bidrar till att maskintillverkarna inte ser en snabb övergång till elektrifierade arbetsmaskiner inom de närmsta åren är avsaknaden av enhetliga krav på nollutsläppsmaskiner på EU-nivå. Eftersom Sverige enbart utgör en liten del av den totala efterfrågan på nollutsläppsfordon, skulle det vara mer effektivt att införa krav på EU-nivå för att skapa en påtaglig förändring. Fordonsåterförsäljare konstaterar att om endast ett litet antal maskiner efterfrågas, så tillverkas de inte. Verklig förändring inträffar först när efterfrågan ökar i omfattning. Genom att kunna förutse kommande krav och efterfrågan på nollutsläppsmaskiner på ett bättre sätt blir det mindre riskfyllt för maskintillverkare att investera i produktion av dessa fordon.

Flera aktörer framhåller därför att betydande ansvar för utvecklingen framöver tillkommer kravställarna. Även om entreprenörer kan investera i nollutsläppsmaskiner, önskar de tydliga regelverk som kräver sådana investeringar, vilket skapar en säkerhet för framtida arbetstillfällen.

Norge är ett tydligt exempel på där krav från offentliga beställare stimulerat nollutsläppsutvecklingen. Efter införandet av krav i Oslo kommun 2019 hade 30 byggarbetsplatser i Oslo tunga utsläppsfria arbetsmaskiner i drift två år efter kravens införande. Under 2022 fanns det 100 elektriska grävmaskiner med en vikt över 10 ton tillgängliga på den norska marknaden och ytterligare 250 förväntades till 2023, vilket skulle utgöra en marknadsandel på 15 procent (Naturvårdsverket, 2022).

En annan typ av krav är en gradvis ökning av nollutsläppskrav som förespråkas i takt med att fler nollutsläppsmaskiner blir tillgängliga på marknaden. Strikta krav på nollutsläpp kan innebära kapitalförluster för entreprenörer då fungerande arbetsmaskiner kan tvingas skrivas av i förtid för att uppfylla de nya standarderna. Det kan finnas en risk för att nollutsläppsfordon inte kommer finnas tillgängliga på marknaden i den omfattning som krävs vid tidpunkten för införandet av skarpare krav. Detta kan försvåra övergången till nollutsläppsmaskiner och skapa utmaningar för entreprenörer som är tvungna att anpassa sig till nya regler och investera i dyrare fordon innan de är tillräckligt tillgängliga på marknaden. Att ta hänsyn till omsättningstakten är därför av vikt.

4.1.3 Teknikutveckling

Det tekniska skiftet som krävs för omställningen har stor potential att minska utsläppen, men det följer med en rad utmaningar. En rad osäkerheter är kopplat till politiken för nollutsläppsmaskiner. Utveckling av ny

teknik är en riskfull verksamhet. En av osäkerheterna kring omställning till nollutsläppsmaskiner anges av vissa marknadsaktörer vara tillgången till batterier. Den marknaden utvecklas dock snabbt och enligt Ny Teknik 240217 är oron för batteritillgången inte lika befogad längre. Artikeln beskriver det som att det under en lång tid har varit säljarens marknad då efterfrågan på batterier har överstigit tillgången, men att högre konkurrens har gjort att priset på battericeller är på nedgång. Den snabba teknikutvecklingen kan göra det svårt att uppskatta när nya tekniker kommer finnas tillgängliga på marknaden och skapa en osäkerhet hos maskintillverkarna att investera i viss typ av maskiner som är knuten till en viss batteriteknik kan snabbt bli förbisprungna av nya lösningar.

Det finns å andra sidan stora osäkerheter kopplade till uppskalning av elektrifiering från dagens enskilda elektriska arbetsmaskiner på marknaden och demonstrationsprojekt till fullskaliga byggprojekt, och så småningom till hela marknaden. Bland annat finns det fortfarande en hel del frågor att lösa kring elförsörjning. Tekniska systemlösningar för en uppskalad elektrifierad marknad finns ännu inte.

Det finns även osäkerheter kring definitionen av arbetsmaskiner som behöver beaktas. Arbetsmaskiner är en brokig skara fordon som inte är tydligt definierade. Det innebär att det råder en otydlighet kring vilka arbetsmaskiner som bör träffas av de mål, styrmedel och krav som EU, medlemsländer och andra myndigheter ställer. Det finns alltså tolkningsutrymme för de reglerande myndigheterna som leder till ökad osäkerhet på marknaden som kan påverka investeringar i nyteknik negativt.

4.1.4 Elektrifieringstakt

En utbredd uppfattning bland de intervjuade aktörerna är att en fullständig elektrifiering kommer vara en långvarig process och ta tid, främst på grund av de betydande investeringskostnaderna. Vissa förespråkar därför en mer gradvis övergång och pekar på tillgängligheten av HVO som ett alternativ att möjliggöra en smidig övergång och minska utsläppen innan fullständig elektrifiering är teknisk och ekonomisk genomförbar. Det handlar dock fortfarande om att någon måste vara beredd att ta den extra kostnaden, då HVO i dagens läge är dyrare än diesel. Aktörer framhåller att HVO sannolikt inte kommer användas så länge beställaren inte uttrycker krav på det, med hänsyn till kostnaden.

Ytterligare en faktor som kommer påverka framtida utvecklingstakt och möjligheten till elektrifiering är de befintliga fordonens avskrivningstid. Med tanke på att flera entreprenader investerat i dieselfordon som har en avskrivningstid på 7–8 år menar entreprenadföretagen att det tar tid innan påbörjad elektrifiering kommer ge effekt. Med bakgrund av detta bedömer Maskinentreprenörerna (2023) att implementeringsgraden för elektrifiering kommer vara cirka 10% till 2030 och förväntas sedan öka i takt med att de befintliga fordonens avskrivningstider löper ut. Det indikerar att övergången till elektrifiering kommer accelerera i och med att äldre dieselfordon byts ut och att implementeringsgraden successivt kommer att öka över tid.

Förändrade arbetssätt anses som en framgångsfaktor för att påskynda elektrifieringstakten och för att effektivisera omställningen till nollutsläppsfordon inom entreprenadverksamheten. Idag är det till exempel inte gängse att börja med att dra fram el till arbetsplatsen som det första steget. Vanligtvis sker det istället efter 4–6 veckor då en del av förarbetet redan är gjort. För att elektrifiera hela arbetsplatser är det nödvändigt att säkerställa elförsörjningen från dag ett vid byggets start.

Dessutom är ett noggrant initialt planerande av logistik och maskinutnyttjande i ett projekt av stor vikt för ett effektivt resursutnyttjande av maskinerna. Det gäller oavsett typ av arbetsmaskin som används, men det blir mer påtagligt för elektrifierade arbetsmaskiner som kräver laddning. Exempelvis kan toppeffekten som uppstår när flera arbetsmaskiner används samtidigt hanteras genom att så många av arbetsmaskinerna som möjligt drivs med batteri. På så sätt koncentreras effektbehovet inte till arbetsmoment utan fördelas i stället över laddcykeln (Trafikverket, 2023d).

För järnvägsmarknaden uppskattas elektrifieringstakten gå ännu långsammare. Det då avskrivningstiderna samt leveranstiderna är längre, maskinerna dyrare samt att få nollutsläppsfordon finns till försäljning. Dessutom krävs två energikällor så att spårgående maskiner kan arbeta i situationer där den strömförsörjande kontaktledningen är avslagen av elsäkerhetsskäl eller inte finns. I dessa situationer är inte

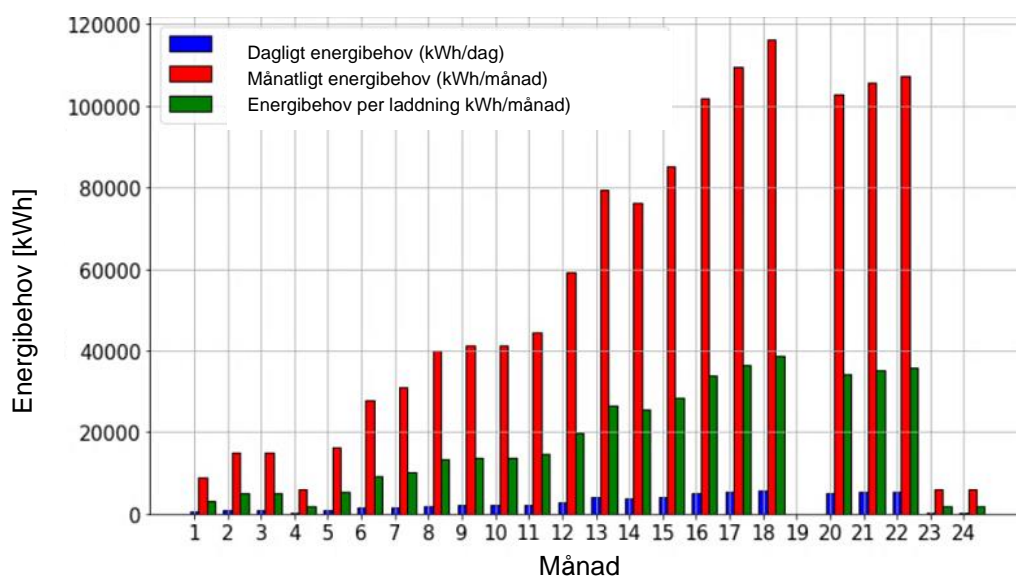
elektrifierade arbetsfordon optimalt, utan hybridlösningar är att föredra. Samtidigt innebär det faktum att 80% av järnvägen innehar en kontaktledning att spårgående arbetsmaskiner har stor teknisk potential att kunna elektrifiera delar av sitt arbete.

4.1.5 Energiförsörjning

Potentialen för att ställa om till nollutsläpp skiljer sig också från projekt till projekt och beror till stor del på möjligheten till energiförsörjning. Det handlar då främst om kostnader för energiförsörjning, hantering av effekttoppar samt arbete utanför befintlig elinfrastruktur. De få tester av nollutsläppsfordon och maskiner som gjorts vid olika demonstrationsprojekt så som Electric Worksite i Göteborg och Slakthusområdet i Stockholm har gjorts med enstaka maskiner och med god tillgång till elinfrastruktur, och där har fokus mest legat på hur maskinerna kan användas, vilken effektivitet de har etc.

I större skala där fler arbetsmaskiner används samtidigt kan energiförsörjning däremot innebära hinder för utveckling. Bland annat har Sintefs (2021) utvärdering av utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser i Norge visat att tillgången på el och laddkapacitet kan utgöra en utmaning om flera större elektriska arbetsmaskiner och lastbilar används på samma arbetsplats.

Denna utmaning kan illustreras i Figur 7 som visar energibehovet för en byggarbetsplats om alla fordon som används i det byggprojekt som presenterades tidigare i rapporten i Figur 2 är elektrifierade. Som Figur 7 visar uppstår en topp i energibehovet cirka 1,5 år in i projektet, samtidigt som antalet arbetsmaskiner och fordon som används når sin högsta nivå. Även om tidsperioden kan variera för andra projekt är dynamiken densamma, det vill säga ett lågt energibehov initialt som ökar allt eftersom och som sedan avtar snabbt vid projektets slut. Det är sannolikt att toppen i energibehovet även innebär en motsvarande topp i effektbehovet, eftersom dessa två faktorer ofta korrelerar. Effekttoppar ställer höga krav på planeringen av arbetet så att rätt effekt kan levereras till arbetsplatsen.



Figur 7. Totalt energibehov [kWh] som andel per dag, per månad och per laddning på en månatlig basis för en byggarbetsplats. Källa: Trafikverket

För en del av Trafikverkets entreprenadprojekt som befinner sig utanför befintlig elinfrastruktur, eller där tillgången till effekt i befintlig elinfrastruktur är begränsad, kan energiförsörjning vara särskilt utmanande av skäl som beskrivits tidigare i avsnitt 2.3.4.

4.1.6 Kostnader

Som tidigare nämnts kan investeringskostnaden vara ett betydande hinder för omställningen, särskilt om investeringskostnaden antas läggas, genom köp av maskiner, på de enskilda maskinentreprenörerna, som

har låga marginaler. För att väga upp de höga investeringskostnaderna krävs det att nollutsläppsfordon används mycket för att besparingar i driftkostnader ska väga upp den högre investeringen.

För att minska teknik-och ägandekostnader finns idéer kring att hitta nya lösningar som exempelvis skapande av hyrpooler där maskiner samt laddlösningar hyrs ut till olika projekt. På så sätt kan maskinägare vara mer flexibla i sina investeringar i nollutsläppsfordon samt ha möjlighet att hyra in nollutsläppsmaskiner tillfälligt. Samtidigt finns det en kultur och yrkesstolthet av att äga och köra sin arbetsmaskin idag. Marknaden karaktäriseras av flera fåmansföretag som genom övergång till leasingavtal kan finna yrket mindre attraktivt.

En annan möjlig lösning som kan snabba på elektrifieringstakten och som potentiellt kan vara mindre kostsam för ägare av fordon är att byta ut förbränningsmotorn till en elmotor på befintliga arbetsmaskiner, så kallad konvertering. Oftast kan det göras genom att enbart ta bort dieselmotorn och ersätta med batteripack och en elmotor som driver hydraulsystemet i stället för dieselmotorn. I intervjuer med Volvo CE uppger de att de redan idag kan tillhandahålla de flesta maskintyper och storlekar genom konvertering med relativt korta ledtider. Det är dock svårt att ge en generell bild av kostnader för detta eftersom det handlar om mer eller mindre skraddarsydda och enstaka lösningar. För spårgående arbetsmaskiner kan dock byte av drivlina innebära att även fordonet måste bytas ut för att batteriet ska få plats vilket i sin tur innebär ökade kostnader.

Ett annat alternativ, som efterfrågas av många aktörer, är ökat ekonomiskt stöd som kan täcka en del av omställningskostnaderna för entreprenaderna. Idag finns Energimyndighetens klimatpremie för elektrifierade arbetsmaskiner och miljöfordon som är ett exempel där staten står för en del av inköpskostnaden.

Vidare finns risk för att elektrifierade arbetsmaskiner inte kommer till användning vid kontraktets slut. Därav kan ökad kontraktslängd innebära minskad risk. Trafikverket skulle kunna erbjuda optioner om förlängt avtal, längre tid för genomförande eller andra fördelar om anbudslämnaren efterlever kraven om utsläppsfria maskiner på önskvärt vis.

5 KONSEKVENSANALYS

Konsekvenser av att använda elektrifierade arbetsmaskiner i Trafikverks upphandlade entreprenader är svår att uppskatta och beror till stor del på enskilda projekts belägenhet och utformning. Generellt tillkommer kostnader för ökad administrativ börda, för inköp av maskiner, laddinfrastruktur och riskpeng. Konsekvenser av elektrifiering av arbetsmaskiner i mindre skala och på platser med bra anslutningskapacitet till lokalnätet bedöms som lägre än för elektrifiering i större skala och i områden utanför befintlig elinfrastruktur.




De direkta kostnaderna som uppstår vid omställning till användande av elektrifierade arbetsmaskiner inom entreprenadverksamhet rör inköp av maskiner och laddinfrastruktur, i form av kostnader för anslutningar till lokalnätet och möjligen energilager.

För en arbetsplats där flera nollutsläppsmaskiner används samtidigt uppstår kostnader för energiförsörjning, logistik samt för arbetsmaskinernas prestanda. Framgången hos bygg- och anläggningsprojekt bedöms av tradition på basis av hållande av tidplan och budget. Idag har de nollutsläppsmaskiner som finns att tillgå en ungefärlig drifttid på 5–6 timmar medan arbetstiderna på ett bygge kan vara uppemot 10–12 timmar. Det kräver att arbetsmaskiner effektivt kan laddas under raster för att inte förlora värdefull tid under bygget. Om inte kan fler arbetsmaskiner behövas per arbetsmoment eller så måste projektiden förlängas. Det innebär i sin tur ökade kostnader för projektet. Entreprenörer har i intervjuer gjort bedömningen att om drifttiden för maskinerna kan förlängas med ca 2 timmar så skulle det öka möjligheterna till en effektiv byggprocess väsentligt. Det är dock viktigt att beakta att det ingår flera olika typer av kostnader, och delvis motverkande, i ekvationen. Längre drifttid ger sannolikt högre investeringskostnad men lägre drifts- och produktivitetskostnader. Kortare drifttid ger lägre investeringskostnader men högre kostnader på grund av potentiellt dyrare el, mer snabbbladdningsinfrastruktur och tidsförluster. Systemutformningen behöver därför optimeras med avseende på dessa olika kostnader.

Samtidigt finns möjlighet till kostnadsbesparingar då elektrifierade arbetsmaskiner och fordon i regel har lägre ljudnivå och skulle kunna användas under fler timmar i bebyggd miljö i de fall maskinen står för oljudet. Dessutom är elmaskiner generellt sett mycket mer energieffektiva än sina konventionella motsvarigheter, samt att priset per använd enhet energi blir avsevärt lägre med eldrivna fordon vilket kan innebära betydande besparingar på lång sikt. Vidare bidrar nollutsläppsfordon till bättre luftkvalitet och vid byggande av exempelvis tunnlar krävs minskat behov av ventilation.

Kostnaden för snabbbladdare på byggarbetsplatser skiljer sig från snabbbladdare av vägfordon där laddaren normalt kan stå på samma plats länge och då elnätsanslutningen endast behöver betalas för en gång. Det gör att elnätskostnaden för vägfordon delas upp på lika många kWh som laddarna levererar under sin livstid, och dessutom ofta ännu fler kWh eftersom elnätet troligen används minst dubbelt så länge som en laddarens livslängd. På en byggarbetsplats betalar man däremot för en elnätsanslutning som ofta i vissa fall bara används fullt ut under cirka 0,5 till 1 år, och med lägre effektuttag under övriga byggtiden. Det gör att kostnaden slås ut på en liten energimängd (Bernholdsson, et al., 2020). För att göra det elektrifierade byggandet mer kostnadseffektivt är det av den anledningen viktigt att ta med möjlig framtida användning av el på platsen i planeringen av anslutningar för ett elektrifierat byggande.

Hur stor kostnaden för elnätet per kWh blir är svår att uppskatta på grund av de flera olika variablerna som spelar in. Dessa gäller bland annat längd på bygget, typ av laddning och anslutningsalternativ. Enligt Bernholdsson et al. (2020) kan abonnemangskostnaden för elnätsanslutning bli relativt billig om den används många timmar per dygn. Dock är det inte möjligt att flytta med sig en elanslutning till nya byggen, utan den fasta kostnaden för anslutning måste slås ut på många månaders användning för att få en rimlig kostnad. NCCs erfarenheter från Bergsbyns företagspark, se avsnitt 2.3.4, visade dessutom att det inte gick att få byggströmsabonnemang med timdebitering vilket gjorde att det inte var möjligt att ladda arbetsmaskiner och energilager på natten med billig el. I Figur 8 nedan visar uppskattade elnätsanslutningskostnader för tre olika anslutningsalternativ. Som bilden visar är det betydligt billigare att ansluta till befintlig nätstation eller kabelskåp gentemot att sätta upp en tillfällig nätstation.

	<p>Ledig kapacitet i befintligt kabelskåp</p> <p>Kabel på upp till ca 70 kW</p>	<p>Installation: 12'000 kr/kabel + 530 kr/månad + 15.1 kr/mån/kW +15.3 öre/kWh</p>
	<p>Ledig kapacitet i befintligt Nätstation</p> <p>En/flera kablar på max 150 kW upp till ca 450 kW</p>	<p>Installation: 12'000 kr/kabel + 530 kr/månad + 15.1 kr/mån/kW +15.3 öre/kWh</p>
	<p>Sätta upp tillfällig nätstation</p> <p>upp till 750 kW</p>	<p>Installation: 250'000 kr + markarbeten + 10'000 kr/månad (hyra) + 850* kr/månad (abonnemang) + 43.4* kr/mån/kW + 3.2* öre(kWh)</p>

*) värden för fasta 10 kV abonnemang – antagit effektfaktor på 0.95

Figur 8. Uppskattade elnätsanslutningskostnader för tre olika alternativ: anslutning till befintligt kabelskåp, till befintlig nätstation samt tillfällig nätstation. Källa: (Bernholdsson, et al., 2020)

I och med att arbetsplatsen elektrifieras tillkommer det ett extra arbetsmoment där energiförsörjningen måste säkras och logistiken till laddning ordnas. Därav förväntas ökade kostnader uppstå i planeringsskedet av ett projekt. För att laddaren även ska användas mycket och på så sätt vara mer lönsam ur ett längre perspektiv krävs det att den måste flyttas runt mellan byggen. Det tar viss tid att flytta laddare och det är även troligt att det kan uppkomma visst slitage när laddarna flyttas runt. Slitaget kommer antingen kräva mer tåliga laddare, som är dyrare än laddare för fasta laddplatser, eller leda till kortare livslängd på laddare som används på byggen. Därför kan man anta att laddare till arbetsmaskiner i genomsnitt kommer att användas mindre än laddare till vägfordon (Bernholdsson, et al., 2020). I och med att dessa system är nya och fortfarande under utveckling kan man dock förvänta sig stor utveckling av systemlösningar den närmaste tiden från leverantörer som ABB, Siemens, Northvolt, Volvo CE m.fl. med nya logiker och lösningar på hur service och underhåll går till. Parallellt med utvecklingen av elektrifierade maskiner anger Volvo CE och andra leverantörer att utvecklingen av energilagring, och system för användning av batterier i flera olika tillämpningar, är en viktig del av systemutvecklingen. Ett exempel är Volvo CE:s utveckling av det mobila energilagret PU500, som testas bl.a. tillsammans med den 23-tons grävmaskin som satts på marknaden nyligen (Volvo CE, 2023). I PU500 används till viss del batterier som tidigare använts i t.ex. en grävmaskin, men har degraderats till ca 80% av kapaciteten, och då flyttats till energilagret där de kan fortsätta användas ett bra tag till med god prestanda eftersom effektuttaget i grävmaskinen och energilagret är väldigt olika till sin karaktär.

6 LITTERATURFÖRTECKNING

Axelsson, K., Rahm, F. & Rensmo, A., 2024. *Utsläppsfria entreprenader - Lathund och goda exempel*, s.l.: WSP.

Bellona, 2022. *Database: Emission-free Construction Equipment (by product type)*. [Online]
Available at: <https://bellona.org/database-emission-free-construction-equipment-by-product-type>

Bernholdsson, A. et al., 2020. *Elektrifierad Bygg-och anläggningsplats*, s.l.: s.n.

Brown, A., 2022. *World's top 10 construction equipment manufacturers*. [Online]
Available at: <https://www.international-construction.com/news/world-s-top-10-construction-equipment-manufacturers/8021295.article>

CE, V., 2022. [Interview] (29 09 2022).

Energimyndigheten, 2022. *Klimatpremien*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/4a8f91/globalassets/klimat--miljo/transporter/klimatpremie/vagledning-for-ansokan-om-klimatpremien-version-221012.pdf>

Energimyndigheten, 2023b. *Regionala elektrifieringspiloter för tunga transporter*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/transporter/transporteffektivt-samhalle/regionala-elektrifieringspiloter/>

Eurocities, 2023. *Big Buyers Initiative*. [Online]
Available at: <https://eurocities.eu/projects/big-buyers-initiative/>

Europaparlamentet, 2023. *Europaparlamentet och Rådets förordning (eu) av den 13 september 2023 om Utbyggnad av infrastruktur för alternativa drivmedel och om upphävande av direktiv 2014/94/EU*. [Online]
Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1804>

European Council, 2023. *'Fit for 55': Council adopts regulation on CO2 emissions for new cars and vans*. [Online]
Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/03/28/fit-for-55-council-adopts-regulation-on-co2-emissions-for-new-cars-and-vans/>

Europeiska unionens råd, 2022. *Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om typgodkännande av motorfordon och motorer samt av system, komponenter och separata tekniska enheter som är avsedda för sådana fordon med avseende på utsläpp och...* [Online]
Available at: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14598-2022-INIT/sv/pdf>

Johnson, A. et al., 2022. *Förstudierapport Plan Zero - Omställning till emissionsfria vägunderhållsrenoveringar*, s.l.: s.n.

Klimat- och näringslivsdepartementet, 2023. *Nytt statligt stöd vid köp av nya lätta ellastbilar och andra ändringar i förordningen om statligt stöd till vissa miljöfordon*. [Online]
Available at: <https://www.regeringen.se/contentassets/88467a34cba44c3db3bfb7d8dab2d326/promemoria-stod-latta-ellastbilar.pdf>

Maskinentreprenörerna, 2023. [Interview] (20 09 2023).

Maskinentreprenörerna, 2023. *Drivmedelsskatt*. [Online]
Available at: <https://www.me.se/foretagarservice/foretagarguiden/driva-eget-foretag/drivmedelsskatt/#:~:text=Energiskatt%3A%201%20582%20kronor%20per%20kubikmeter.%20Koldioxidskatt%3A%202,per%20kubikmeter.%20Summa%3A%204%20073%20kronor%20per%20kubikmeter.>

Naturvårdsverket, 2022. *Arbetsmaskinens klimatomställning - Underlagsrapport till regeringsuppdraget om Näringslivets klimatomställning*, Stockholm: Naturvårdsverket.

- Naturvårdsverket, 2023. *Arbetsmaskiner, utsläpp av växthusgaser*. [Online]
Available at: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>
- Regeringskansliet, 2022a. *EU når överenskommelse om skärpta utsläppskrav för lätta fordon*. [Online]
Available at: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/10/eu-nar-overenskommelse-om-skarpta-utslappskrav-for-latta-fordon/>
- Regeringskansliet, 2022b. *Skattebefrielse för rena och höginblandade biodrivmedel till och med 2026*. [Online]
Available at: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/12/skattebefrielse-for-rena-och-hoginblandade-biodrivmedel-till-och-med-2026/>
- Rental Group, 2023. *RENTAL GROUP INNGÅR AVTALER MED STORE PRODUSENTER AV NULLUTSLIPPSMASKINER*. [Online]
Available at: <https://rentalgroup.no/rental-group-inngar-avtaler-med-store-produsenter-av-nullutslippsmaskiner/>
[Accessed 28 Februari 2024].
- Riksgälden, 2021. *Kreditgarantier för gröna investeringar*. [Online]
Available at: <https://www.riksdagen.se/sv/var-verksamhet/garantier-och-lan/grona-kreditgarantier/>
- Rootzén, J. & Johnsson, F., 2017. Managing the costs of CO2 abatement in the cement industry. *Climate Policy* 17.6, pp. 781-800.
- SINTEF, 2021. *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, elektriske anleggsmaskiner, kjøretøy og utstyr, lading, effekttopper, strømforsyning, ladelogistikk, erfaringer og barrierer*, Oslo: SINTEF .
- Skatteverket, n.d. *Skatt på bränsle*. [Online]
Available at:
<https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/skattpabransle.4.15532c7b1442f256bae5e56.html>
- Skellefteå kommun, 2023. *Elektrifiering i anläggningsprojekt - erfarenheter och tips baserade på Bergsbyns företagspark*. [Online]
Available at: <https://skelleftea.se/invanare/startside/trafik-och-samhallsutveckling/hallbara-skelleftea/organisation-styrning-och-resultat/projekt-resultat-och-rapporter/elektrifiering-i-anlaggningsprojekt>
- SOU 2021:7, 2021. *Vägen mot fossiloberoende jordbruk*. Stockholm: s.n.
- Statens vegvesen, 2023. *Statens vegvesen stiller strengere krav for å redusere klimagassutslippene fra anleggsmaskiner*. [Online]
Available at: <https://www.vegvesen.no/om-oss/presse/aktuelt/2023/11/statens-vegvesen-stiller-strengere-krav-for-a-reducere-klimagassutslippene-fra-anleggsmaskiner/>
- Sweco, 2023. *Vad kostar ett elektrifierat vägprojekt?*, s.l.: Maskinentreprenörerna.
- Tjernström, F., 2024. *Ansvarig för Electromobility Solutions Sales på Volvo CE* [Interview] (Januari 2024).
- Trafikanalys, 2023. *Arbetsmaskiner – hur syns de i fordonsstatistiken?*. [Online]
Available at: <https://www.trafa.se/vagtrafik/arbetsmaskiner--hur-syns-de-i-statistiken-13913/#>
- Trafikledsverket, 2023. *Miljökriterier för Trafikledsverkets upphandlingar*, Helsingfors: s.n.
- Trafikledsverket, 2022. *Trafikledsverket siktar på utsläppsfria byggarbetsplatser med ett Green Deal -avtal*. [Online]
Available at: <https://vayla.fi/sv/-/trafikledsverket-siktar-pa-utslappsfria-byggarbetsplatser-med-ett-green-deal-avtal>
- Trafikverket, 2018. *Vägledning till Gemensamma miljökrav för entreprenader*. s.l.:s.n.

- Trafikverket, 2021. *Fossilfria och nollutsläpps arbetsmaskiner*, s.l.: s.n.
- Trafikverket, 2022a. *Kravställning för fossilfria arbetsplatser*, s.l.: s.n.
- Trafikverket, 2022b. *Trender i transportsystemet*, s.l.: s.n.
- Trafikverket, 2023a. *TDOK 2015:0480 - Klimatkrav i planläggning, byggskede, underhåll och på tekniskt godkänt järnvägsmaterial*. [Online].
- Trafikverket, 2023b. *Svenska bygg- och anläggningsmarknaden*. [Online]
Available at: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/upphandling/leverantorsmarknadsanalys/svenska-bygg--och-anlaggningsmarknaden/>
- Trafikverket, 2023c. *Ekonomi och finansiering*. [Online]
Available at: <https://www.trafikverket.se/om-oss/ekonomi-och-finansiering/>
- Trafikverket, 2023d. *Fossilfritt och framgångsrikt. Framgångsfaktorer inför genomförandet av en helelektrifierad tunneldrivning. Förstudie till Norrbottenabans pilotprojekt*, s.l.: s.n.
- Trafikverket, 2023e. *Trafikverket*. [Online]
Available at: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/upphandling/leverantorsmarknadsanalys/branschstruktur---anlaggningsmarknad-entreprenad/vag---marknad-och-konkurrens/>
- Transport for London, 2022. *Non-Road Mobile Machinery (NRMM) Practical Guide v.5*, s.l.: s.n.
- Transportstyrelsen, 2022. *Malus – för bilar med höga utsläpp*. [Online]
Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/bonus-malus/malus/>
- Transportstyrelsen, 2023. *Miljözoner*. [Online]
Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Miljozoner/>
- Uppenberg, S. et al., 2023. *Klimatneutrala anläggningsprojekt – Vad är det?*, s.l.: s.n.
- Vinnova, 2023a. *Samverkan och forskning - FFI för framtiden*. [Online]
Available at: [Samverkan och forskning - FFI för framtiden](#)
- Vinnova, 2023b. *Horisont Europa*. [Online]
Available at: <https://www.vinnova.se/m/horisont-europa/>
- Volvo CE, 2023. *Volvo powers up for EC230 Electric and L120H Electric Conversion*. [Online]
Available at: <https://www.volvoce.com/europe/en/about-us/news/2023/volvo-powers-up-for-ec230-electric-and-l120h-electric-conversion/>
- Volvo, 2023. *Sustainable Transportation - Shaping the world we want to live in*. [Online]
Available at: <https://www.volvogroup.com/en/sustainable-transportation.html>
[Accessed Februari 2023].
- WSP, 2020. *Utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser*, Göteborg: s.n.
- Zehaie, F., Wallström, J. & Sandberg, K., 2023. *Potential att minska arbetsmaskinernas klimatpåverkan*, Stockholm: WSP.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com

