

Vad kostar ett elektrifierat vägprojekt?



Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
1 Bakgrund	4
2 Referensprojekt	6
2.1 Referensdata.....	6
3 Bränslekostnad.....	8
3.1 Dieselförbrukning	8
3.2 Förbrukning av HVO100	11
3.3 Elförbrukning	13
3.4 Jämförelse av drivmedelskostnader	15
4 Total cost of ownership	18
4.1 Ingångsvärden.....	18
4.2 TCO för en dieselmaskin och en elektrisk maskin	20
4.3 Förändrade ingångsvärden	22
5 Jämförelse av projektkostnad.....	24
6 Slutsatser och diskussion	29
6.1 Slutsatser	29
6.2 Diskussion	29
6.3 Incitament och krav för att möjliggöra klimatneutrala infrastrukturprojekt.....	31

Sammanfattning

Elektrifierade fordon är en viktig del i omställningen till att minska samhällets klimatavtryck. Även för anläggningsmaskiner har en omställning till elektrifierade maskiner påbörjats. Eftersom de elektrifierade anläggningsmaskinerna är nya på marknaden är det svårt att uppskatta vilka kostnader det finns för att ställa om maskinparken. Dessutom är det svårt att uppskatta hur kostnaden för infrastrukturprojekt påverkas ifall elektrifierade anläggningsmaskiner används.

Sweco har på uppdrag av Maskinentreprenörerna genomfört en analys av hur olika drivmedel påverkar kostnaden för ett vägprojekt. Analysen består av en jämförelse mellan maskinkostnader utifrån diesel, HVO100 och el. Datainsamlingen bygger till stora delar på intervjuer med representanter från transport, bygg- och anläggningsbranschen, maskintillverkare samt Trafikverket.

Resultatet visar att kostnaderna för att använda elektrifierade anläggningsmaskiner i det studerade vägprojektet skulle resultera i en kostnad som är 109% högre jämfört med diesel. Kostnaderna för energiförbrukning är påtagligt lägre för elmaskiner, medan kapitalkostnaderna är påtagligt högre. Den höga maskinkostnaden för elmaskiner kan förklaras bland annat med att inköpspriserna är väsentligt högre jämfört med dieseldrivna maskiner, att det behövs ytterligare investeringar för att kunna ladda elmaskinerna samt att batterier har ett högt värde och kostar därmed att byta ut.

Maskinkostnaderna för el spås sjunka på sikt, framför allt då produktionsvolymerna av maskinerna ökar och produktionsrelaterade kostnader därmed sjunker. Å andra sidan kommer reduktionsplikten att kraftigt sänkas utifrån nuvarande politik, vilket kan tänkas medföra att kostnadsgapet mellan el och diesel på kort sikt består eller blir större.

1 Bakgrund

Bygg- och anläggningsbranschen står inför utmaningen att minska sina koldioxidutsläpp och bidra till en mer hållbar framtid. För att möta klimatmål och uppfylla EU-regler behöver branschen anpassa sig till mer hållbara och energieffektiva alternativ. Elektrifiering av anläggningsmaskiner har, liksom för andra typer av fordon och arbetsmaskiner, blivit en tongivande lösning för att minska beroendet av fossila bränslen och minska utsläppen av växthusgaser, givet att elproduktionen också har låga klimatpåverkande utsläpp. För många entreprenörer inom bygg- och anläggningssektorn är det svårt att uppskatta vilka kostnader en omställning till en elektrifierad maskinpark medför då elektrifierade maskiner fortfarande är någorlunda nya på marknaden och inte har använts i någon större utsträckning ännu. Därtill finns det fler sätt än elektrifiering för att minska klimatpåverkande utsläpp från bygg- och anläggningsprojekt, exempelvis genom att använda förnybara biodrivmedel, såsom HVO100.

En omställning till el medför dock inte bara kostnader för entreprenörer, utan även för samhället i stort. Infrastruktur och eltillförsel måste anpassas för att tillgodose behoven från en elektrifierad maskinpark. Därför är det av intresse att göra en kostnadsjämförelse för att tydliggöra vad ett elektrifierat vägprojekt faktiskt kostar, för både entreprenörer och samhället.

Sweco har på uppdrag av Maskinentreprenörerna gjort en kostnadsjämförelse mellan ett konventionellt vägprojekt med en dieseldriven maskinpark, ett vägprojekt med en maskinpark driven på HVO100 och ett helt elektrifierat vägprojekt. Jämförelsen presenteras i form av scenarier som baseras på ett genomfört vägprojekt beställt av Trafikverket. Därutöver har även en jämförelse av total ägandekostnad (total cost of ownership, TCO) gjorts för en konventionell dieselmaskin samt för en elektrisk motsvarighet.

För att erhålla en så korrekt bild som möjligt och väga in flera perspektiv har Sweco intervjuat ett flertal aktörer i transport, bygg-

och anläggningsbranschen; från några av de största anläggningsföretagen och maskinentreprenörer nationellt, till mindre och medelstora bolag som verkar lokalt eller regionalt. Därtill har även intervjuer genomförts med representanter för två av de största tillverkarna av anläggningsmaskiner, Volvo CE samt Caterpillar/Zeppelin Sverige. Av hänsyn till de intervjuade är erhållna svar anonymiserade, utom i de fall där samtycke har erhållits. Även Trafikverket har intervjuats i syfte att få deras perspektiv samt för att fånga framtida klimatkrav på vägprojekt i offentliga upphandlingar.

2 Referensprojekt

Kostnadsjämförelsen består av tre scenarier som alla baseras på ett och samma vägprojekt. I enlighet med syftet är det kostnader kopplade till arbetsmaskinerna och deras bränsleförbrukning som är av intresse och det är dessa kostnader som jämförs. De tre scenarierna är, som tidigare nämnt, diesel, HVO100 och el.

2.1 Referensdata

Sweco har tagit del av data från ett genomfört och avslutat vägprojekt i norra Sverige på uppdrag av Trafikverket. Vägprojektet genomfördes för lite mer än tio år sedan och berörde en omdragning av en viktig trafikled.

Projektet pågick under två år och totalt rörde det sig om en cirka sex km lång vägsträckning som byggdes om till fyrfältsväg med mitträcke. Omdragningen innefattade ett antal cirkulationsplatser, en planskild trafikplats, två vägbroar samt fyra nya och ett antal breddade gång- och cykelportar. I entreprenaden ingick omläggning av drygt 3 km icke trycksatta VA-ledningar med tillhörande pumpstationer, cirka 3 km tryckledningar för processvatten och fjärrkyla, samt ca 0,5 km fjärrvärmeledningar. Entreprenaden omfattade även förläggning av över 20 km kraft- och installationskabel, telekabel och optokabel och vägbelysning.

Därutöver ingick insådd av drygt 25 000 kvm gräsytor, anläggning av ca 4000 kvm färdigt gräs, plantering av 17 000 lökar, 12 000 buskar och 526 träd samt sättning av 4,5 km granitkantsten. Omläggningen genomfördes parallellt med omfattande trafik upp till 20 000 fordon per dygn.

De ingående momenten i referensprojektet anses vara typiska för vägprojekt av denna storlek.

Ur vägprojektet har information erhållits om vilka arbetsmaskiner som använts för att skapa tidigare nämnd utformning och antal arbetstimmar per maskintyp för vägprojektet, se tabell 1. Här har en avgränsning gjorts till tyngre arbetsmaskiner och fordon.

Således har inte handhållna arbetsmaskiner tagits med. Vilka arbetsmaskiner som använts och deras arbetstimmar ligger till grund för alla tre scenarier och antas vara samma oavsett energikälla. Förbrukning av drivmedel och elektricitet presenteras under respektive scenario.

Tabell 1. Förteckning över vilka större arbetsmaskiner och fordon som använts inom vägprojektet samt antal arbetstimmar.

Anläggningsmaskin	Arbetstimmar
Lastbil med släp	16 000
Lastbil utan släp	5000
Dumper A25	2500
Grävmaskin band 45 ton	5500
Grävmaskin band 12 ton	1500
Grävmaskin band 25 ton	3500
Grävmaskin på hjul 17–20 ton	1500
Hjullastare L70	12 000
Hjullastare L90	1000
Bandschaktare D6	2000
Väghyvel 10–16 ton	600

3 Bränslekostnad

Nedan görs en genomgång av bränsleförbrukning samt -kostnader utifrån de tre scenarierna.

3.1 Dieselförbrukning

För att kunna erhålla en kostnad för diesel behövs, förutom maskintyp och arbetstimmar, uppgifter om bränsleförbrukning och bränslepris. Utöver diesel förbrukas även tillsatsen AdBlue, som minskar utsläppen av kväveoxider, i dessa anläggningsmaskiner.

Uppgifter om bränsleförbrukning kommer ifrån intervjuer med entreprenörer. Förbrukningsuppgifterna kan ses som genomsnittlig förbrukning, vilket både inkluderar tyngre arbete och lättare arbete. På så vis har aktuella uppgifter erhållits. Total bränsleförbrukning under projektet fås genom att multiplicera bränsleförbrukning per timme med antalet arbetstimmar. Detsamma gäller för total förbrukning av AdBlue. Se tabell 2 för anläggningsmaskinernas dieselförbrukning per timme, Adblue-förbrukning per timme samt total förbrukning av diesel respektive AdBlue.

Tabell 2. Anläggningsmaskinernas bränsleförbrukning per timme samt total bränsleförbrukning samt Adblue-förbrukning per timme och total förbrukning av Adblue.

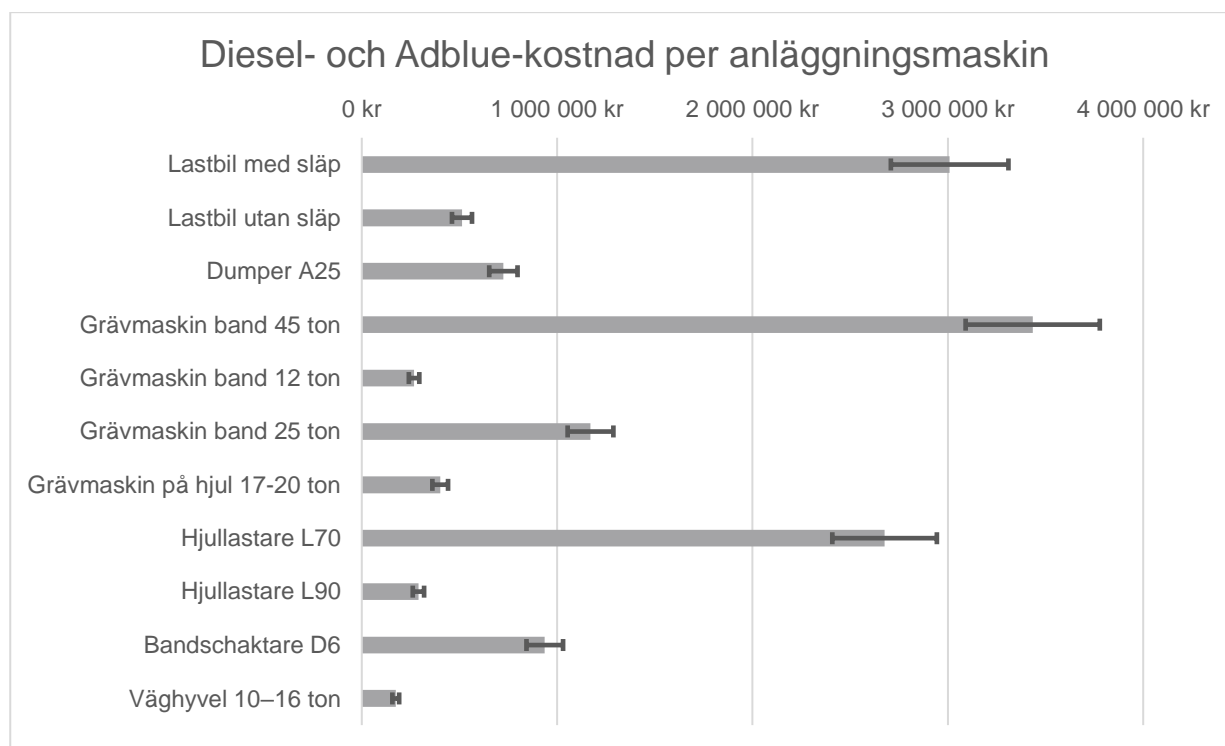
Anläggningsmaskin	Diesel-förbrukning	Total diesel-förbrukning	Adblue-förbrukning	Total AdBlue-förbrukning
Lastbil med släp	7,59 liter/h	121 440 liter	0,38 liter/mil	6 072 liter
Lastbil utan släp	4,14 liter/h	20 700 liter	0,21 liter/mil	1 035 liter
Dumper A25	11,70 liter/h	29 250 liter	0,59 liter/h	1 463 liter
Grävmaskin band 45 ton	25,20 liter/h	138 600 liter	1,26 liter/h	6 930 liter
Grävmaskin band 12 ton	7,20 liter/h	10 800 liter	0,36 liter/h	540 liter
Grävmaskin band 25 ton	13,50 liter/h	47 250 liter	0,68 liter/h	2 363 liter
Grävmaskin på hjul 17-20 ton	10,80 liter/h	16 200 liter	0,54 liter/h	810 liter
Hjullastare L70	9,00 liter/h	108 000 liter	0,45 liter/h	5 400 liter
Hjullastare L90	11,70 liter/h	11 700 liter	0,59 liter/h	585 liter
Bandschaktare D6	18,90 liter/h	37 800 liter	0,95 liter/h	1 890 liter
Väghyvel 10–16 ton	11,70 liter/h	7 020 liter	0,59 liter/h	351 liter

Bränslepriser för företagskunder har hämtats från Circle K och ett medianpris över en 12-månaders period, maj 2022 till maj 2023, har använts för att rensa för eventuella tillfälliga och kortsiktiga prispåverkningar, men fortfarande ta höjd för långsiktiga trender. För dieselmaskiner tillkommer även förbrukning av AdBlue. Uppgifter om Adblue-förbrukning kommer både från intervjuer med entreprenör samt från Yara, som är en återförsäljare av AdBlue, och uppgår till 5% av dieselförbrukning. Företagspris för AdBlue har hämtats från Circle K och likt diesel har ett medianpris över en 12-månaders period använts. Se tabell 3 för uppgifter om diesel- och AdBlue-pris.

Tabell 3. Literpris för diesel och Adblue.

Diesel	24,17 kr/liter
Adblue	12,18 kr/liter

Den totala kostnaden vad gäller diesel och AdBlue illustreras i figur 1. Av anläggningsmaskinerna är det tre vars kostnader är påtagligt större än övriga. Det beror på ett högt antal arbetstimmar och/eller maskinens bränsleförbrukning. För en grävmaskin på 45 ton är bränsleförbrukningen per timme nästan det dubbla jämfört med en på 25 ton. Den sammanlagda kostnaden uppgår till strax över 15,4 miljoner kronor. Om diesel- och Adblue-priset skulle minska med 10%, skulle den totala kostnaden minska med mer än 1,3 miljoner kronor. Skulle det å andra sidan ske en ökning med 10 % skulle kostnaderna stiga med mer än 1,3 miljoner kronor.



Figur 1. Kostnad för diesel och AdBlue per anläggningsmaskin med 10%-intervall.

3.2 Förbrukning av HVO100

HVO100 är en form av förnybar diesel tillverkad av vegetabiliska oljor eller animaliska fetter. Eftersom HVO100 är en slags diesel kan bränslet användas i samma maskiner utan krav på konvertering eller anpassning. HVO100 tillverkas av förnybara råvaror och de klimatpåverkande utsläppen är väsentligt lägre jämfört med fossil diesel. Utsläpp av kväveoxider finns dock fortfarande med HVO100, varför AdBlue behövs även vid bruk av detta drivmedel.

För att skapa ett scenario för HVO100 behövs samma typ av uppgifter som i diesel-scenariot. Enligt Energimyndigheten skiljer sig bränsleförbrukningen av HVO100 mot konventionell diesel och bränsleförbrukningen av HVO100 är ungefär 4% större. Vad gäller AdBlue antas förbrukningen vara 5% av bränsleförbrukningen samma som för diesel. Se tabell 4 för förbrukning av HVO100 och AdBlue.

Tabell 4. Förbrukning av HVO100 och AdBlue för respektive anläggningsmaskin.

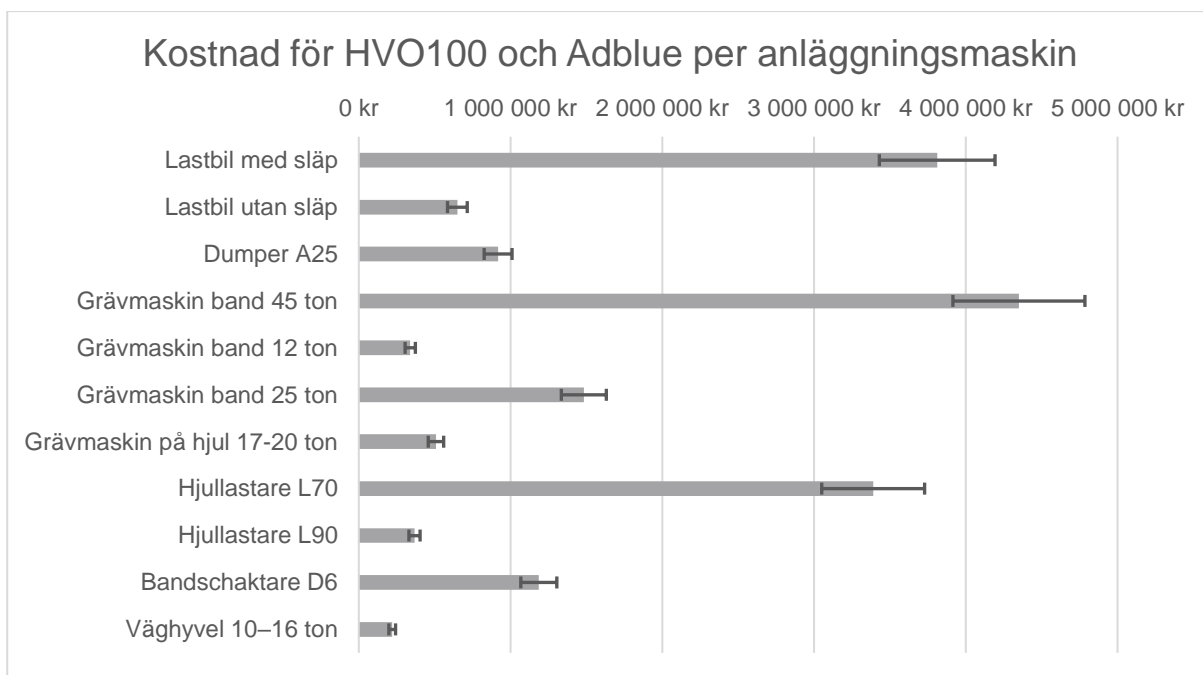
Anläggningsmaskin	Förbrukning, HVO100	Total förbrukning, HVO100	Förbrukning AdBlue	Total förbrukning, Adblue
Lastbil med släp	7,89 liter/h	126 298 liter	0,39 liter/h	6 315 liter
Lastbil utan släp	4,31 liter/h	21 528 liter	0,22 liter/h	1 076 liter
Dumper A25	12,17 liter/h	30 420 liter	0,61 liter/h	1 521 liter
Grävmaskin band 45 ton	26,21 liter/h	144 144 liter	1,31 liter/h	7 207 liter
Grävmaskin band 12 ton	7,49 liter/h	11 232 liter	0,37 liter/h	562 liter
Grävmaskin band 25 ton	14,04 liter/h	49 140 liter	0,70 liter/h	2 457 liter
Grävmaskin på hjul 17–20 ton	11,23 liter/h	16 848 liter	0,56 liter/h	842 liter
Hjullastare L70	9,36 liter/h	112 320 liter	0,47 liter/h	5 616 liter
Hjullastare L90	12,17 liter/h	12 168 liter	0,61 liter/h	608 liter
Bandschaktare D6	19,66 liter/h	39 312 liter	0,98 liter/h	1 966 liter
Väghyvel 10–16 ton	12,17 liter/h	7 301 liter	0,61 liter/h	365 liter

I tabell 5 listas prisuppgifter för HVO100 och AdBlue. Likt för diesel har priset för HVO100 hämtats från Circle K och är företagspriser. Ett medianvärde över en 12-månaders period har använts även i detta fall.

Tabell 5. Literpris för HVO100 och AdBlue.

HVO100	29,57 kr/liter
AdBlue	12,18 kr/liter

Den totala kostnaden vid bruk av HVO100 uppgår till strax över 19 miljoner kronor. I figur 2 illustreras kostnaderna per anläggningsmaskin. Om priset per liter för HVO100 och AdBlue skulle minska med 10% skulle den totala kostnaden minska med ungefär 1,7 miljoner kronor. En ökning om 10% skulle resultera i en kostnadsökning om 1,7 miljoner kr.



Figur 2. Kostnad för HVO100 och AdBlue per anläggningsmaskin med 10%-intervall.

3.3 Elförbrukning

Att beräkna kostnader för elförbrukning skiljer sig jämfört med både diesel och HVO100. Bland annat finns det fler kostnadsparametrar att ta hänsyn till, därtill finns det en större geografisk variation av elpriser än vad det finns för både fossila bränslen och förnybara biodrivmedel.

Samtliga nyttjade dieselmaskiner finns ännu inte i motsvarande elektriskt utförande på marknaden. Det bidrar till större osäkerheter i scenariot samt medför att flera antaganden behöver göras för att kunna konstruera en energiförbrukning samt energikostnad.

Vid intervjuer med återförsäljare av elektrifierade anläggningsmaskiner framkom att en elektrisk grävmaskin på 25 ton förbrukar ungefär 55 kWh per timme över en arbetsdag, vilket då inkluderar både tyngre arbete och lättare arbete. Diesel har enligt Drivkraft Sverige ett energiinnehåll på 9,8 kWh per liter. För en konventionell grävmaskin på 25 ton ger det således en energiförbrukning på ungefär 134 kWh. Den elektriska grävmaskinen har således en energiförbrukning som motsvarar 41% av en likvärdig konventionell. Genom att ta den relativa verkningsgraden på 41% och anta att det är applicerbart för alla elektriska anläggningsmaskiner går det att erhålla nödvändiga uppgifter för det elektriska scenariot. I tabell 6 framgår antagen och tänkbar energiförbrukning hos elektriska motsvarigheter till konventionella anläggningsmaskiner.

Tabell 6. Energiförbrukning hos elektriska motsvarigheter till konventionella anläggningsmaskiner.

Anläggningsmaskin	Energiförbrukning per timme
Lastbil med släp	31,00 kWh
Lastbil utan släp	16,9 kWh
Dumper A25	47,8 kWh
Grävmaskin band 45 ton	102,9 kWh
Grävmaskin band 12 ton	29,4 kWh
Grävmaskin band 25 ton	55,1 kWh
Grävmaskin på hjul 17–20 ton	44,1 kWh
Hjullastare L70	36,7 kWh
Hjullastare L90	47,8 kWh
Bandschaktare D6	77,1 kWh
Väghyvel 10–16 ton	47,8 kWh

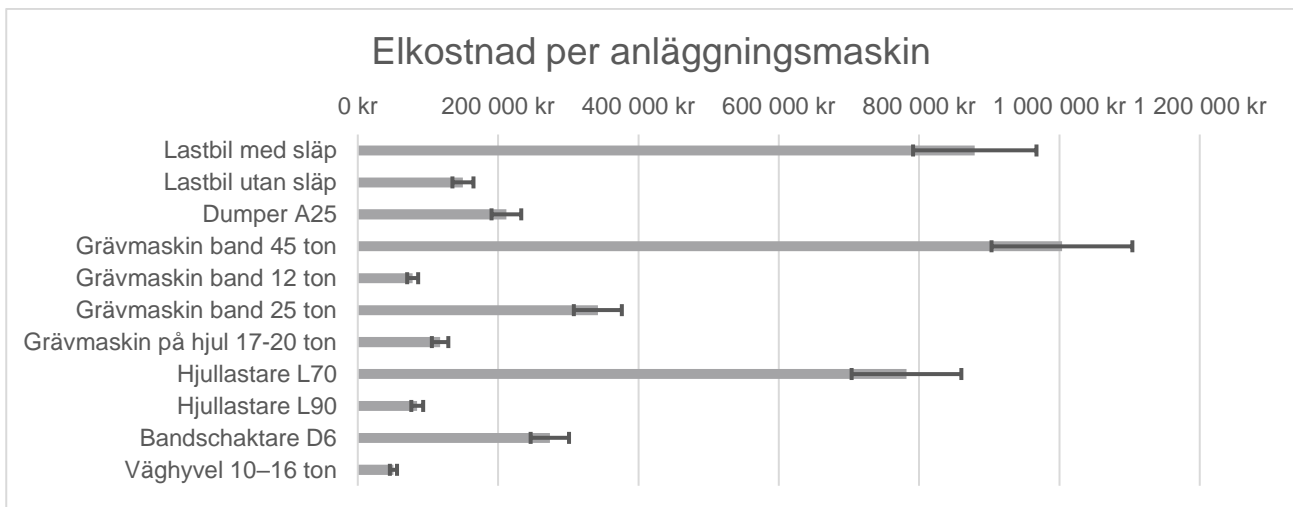
Det finns som tidigare nämnt flera kostnadsparametrar att ta hänsyn till i detta scenario, där några är variabla parametrar och andra kan betraktas mer som konstanta. För att tydliggöra ingående kostnader i detta scenario delas kostnaderna upp i de som härrör från användningen av maskinerna samt kostnader för att möjliggöra användandet av elektriska maskiner i projektet. Elektriska anläggningsmaskiner antas här vara batteridrivna och kräver därmed laddning, vilket minskar möjlig produktiv tid. Dock antas det här att samma antal arbetstimmar krävs för att åstadkomma vägprojektets utformning, vilken beskrivits tidigare.

Senaste två åren har energipriserna, däribland el, fluktuerat kraftigt. Dessutom varierar priserna mellan olika elområde, där elområde 1 och 2 generellt har haft lägre priser jämfört med 3 och 4. I detta scenario används 2022 års medelpris för elområde 3 och överföringsavgifter utifrån information från ett lokalt nätbolag. Tillkommer gör även energiskatt. Se tabell 7 för ytterligare information.

Tabell 7. Kostnadsuppgifter för det elektrifierade vägprojektet.

Kostnadsparameter	Kostnad
Spotpris elområde 3 för 2022	137,4 öre/kWh
Överföringsavgift	20,4 öre/kWh
Energiskatt	39,2 öre/kWh

I figur 3 återfinns de elkostnader som har med användningen av elektriska anläggningsmaskiner att göra. Den totala kostnaden i detta scenario uppgår till nästan 7,9 miljoner kronor. Om spotpriset minskar med 10%, minskar den totala kostnaden med ungefär 277 000 kr. Om det i stället skulle öka med 10% blir ökningen också 277 000 kr.

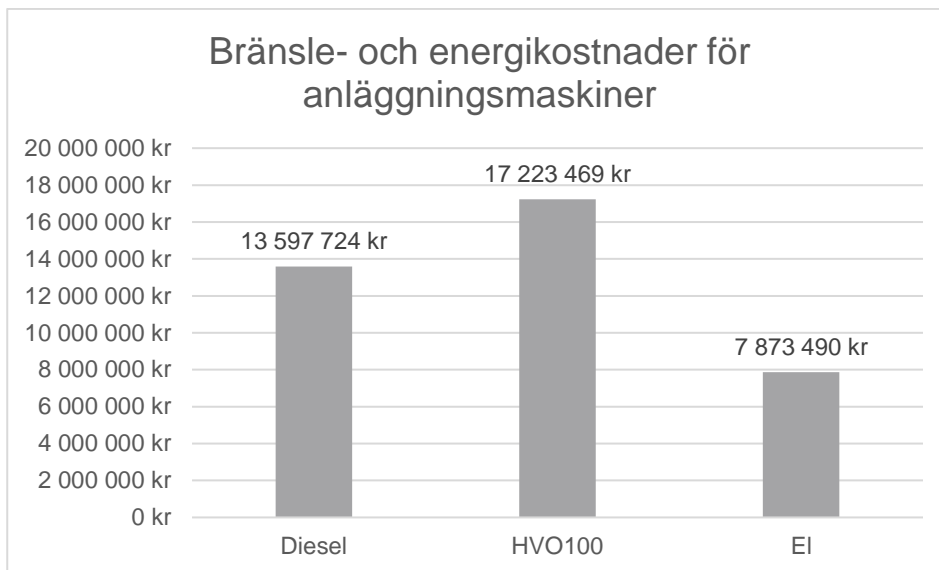


Figur 3. Elkostnad per elektrisk anläggningsmaskin med 10%-intervall.

I Sverige är det generellt elområde 4 som har högst elpriser och elområde 1 som har lägst. Medelpris för elområde 1 under 2022 var 63,3 öre per kWh, medan det för elområde 4 uppgick till 161,5 öre per kWh, mer än dubbelt så högt.

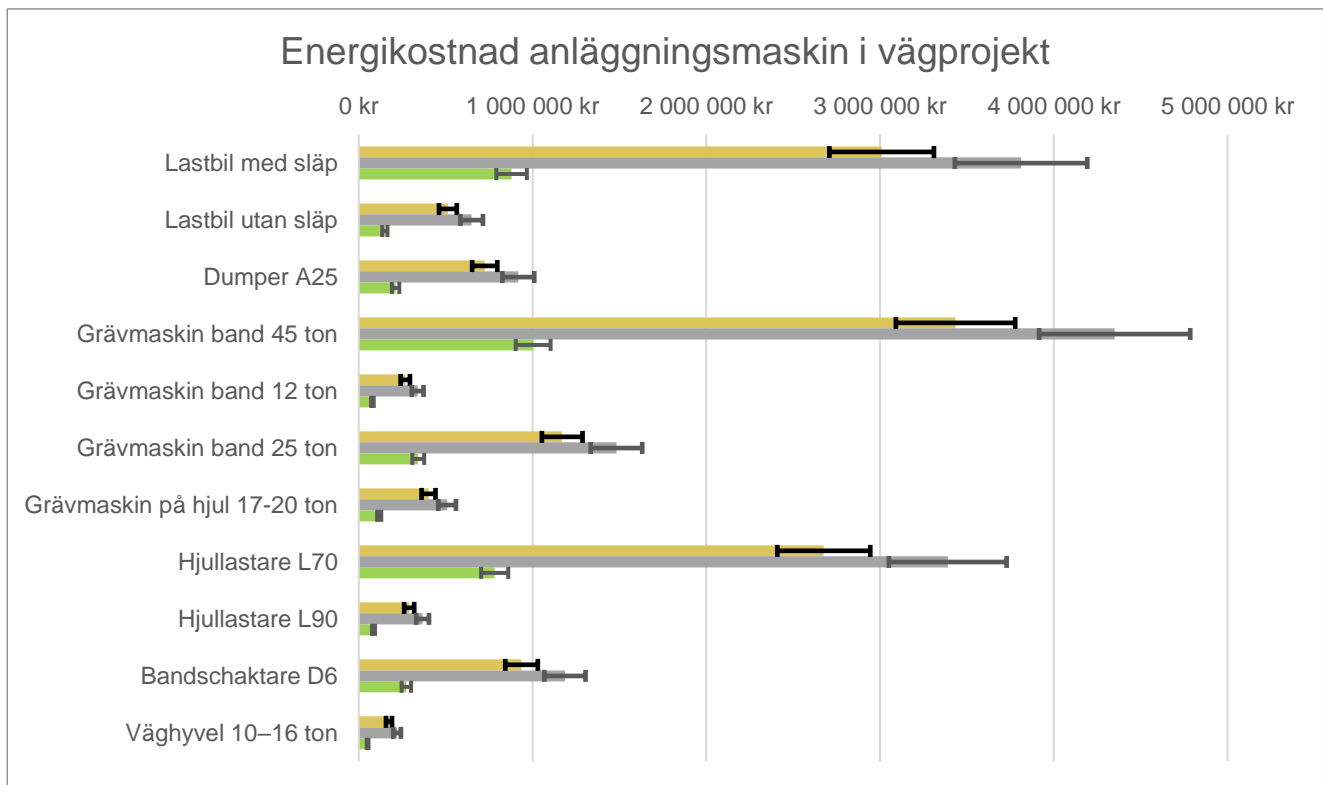
3.4 Jämförelse av drivmedelskostnader

Av de tre scenarierna, som alla är baserade på samma referensprojekt, är det HVO100-scenariet som har högst kostnad, vilket synliggörs i figur 4. Lägst kostnad har det elektrifierade vägprojektet, vars kostnad understiger kostnaden för HVO100 med något mindre än hälften. Kostnaden för el jämfört med diesel uppgår till cirka 55%. Utfallet är rimligt eftersom energibehovet för en elektrisk anläggningsmaskin är påtagligt lägre jämfört med en konventionell samt att elpriset kraftigt understiger dieselpriiset och priset för HVO100.



Figur 4. Jämförelse av kostnaderna för diesel, HVO100 respektive el utifrån scenarierna.

Det går även att jämföra kostnader enbart utifrån bruk, vilket synliggörs i figur 5. Där går det att utläsa att energikostnaderna för att använda elektriska anläggningsmaskiner är signifikant lägre och att en stor del av den totala kostnaden för ett elektrifierat vägprojekt består av fasta kostnader såsom anslutningskostnad, transformator och laddare. Beroende på hur installationen går till, finns det möjlighet att återanvända komponenter i efterföljande projekt, såsom en transformator. På så sätt kan vissa fasta kostnader spridas över längre tid och fler projekt.



Figur 5. Jämförelse av drivmedelskostnader i referensprojektet.

Att kostnaden för det elektrifierade vägprojektet är lägre jämfört med diesel och HVO100 skall inte utläsas som att el alltid är att föredra samt att elektrifierade vägprojekt alltid är möjliga att genomföra. Ur flera intervjuer framkommer påtagliga svårigheter att elektrifiera vägprojekt då effektillgången ofta kan vara starkt begränsande, såväl i tätortsnära miljöer som på landsbygd. Därtill finns det ännu inte motsvarande maskiner i någon större utsträckning, något som kommer förändras inom de närmsta åren.

4 Total cost of ownership

I föregående kapitel jämfördes endast kostnader kopplade till drivmedelsförbrukning i ett vägprojekt. Det finns ytterligare kostnader som är av intresse att beakta och jämföra när det gäller en omställning mot elektrifierade maskiner, exempelvis kapitalkostnader. Det finns med andra ord ytterligare kostnader i den gröna omställningen som är viktiga att belysa.

Kostnaden för en ny maskinpark är en kostnad som över lag tillfaller entreprenörerna, men beroende på teknik kan erhålla bidrag för införskaffning, exempelvis för maskiner med lägre klimatpåverkan. Total cost of ownership (TCO) är ett sätt att visa på vilka kostnader exempelvis en anläggningsmaskin har under dess livstid och är intressant att ta hänsyn till när det gäller den gröna omställningen eftersom det är stor utgiftspost för entreprenörerna. TCO tar hänsyn till investeringskostnader, driftkostnader och underhållskostnader över maskinernas livslängd. Därför görs här en jämförelse av TCO för en konventionell dieselmaskin samt för en elektrisk maskin. För referens används en grävmaskin på 13 ton, som finns i såväl konventionellt utförande som i elektriskt. Erhållna uppgifter kommer från intervjuer med entreprenörer, återförsäljare samt Volvo CE och Caterpillar/Zeppelin.

4.1 Ingångsvärden

Ingångsvärden som är avgörande för TCO är främst:

- Inköpspris
- Bidrag/subventioner
- Driftkostnader/service
- Bränsleförbrukning
- Bränslekostnader
- Laddkostnad
- Kontinuerlig drift utan avbrott
- Värde på andrahandsmarknad

Inköpspris för elmaskiner påverkas av producerade volymer. Då marknaden för elektriska anläggningsmaskiner ännu är relativt liten i förhållande till dieselmaskiner, är inköpskostnaden mellan två och tre gånger större. En kompensation för detta erbjuds av staten i form av en klimatpremie. Premien berättigar stöd på 40 % av mellanskillnaden mellan en elmaskin och motsvarande dieselmaskin, men maximalt 20 % av totalpriset för elmaskinen. Se exempel på klimatpremie i tabell 8.

Tabell 8. Exempel på stöd som kan erhållas via klimatpremien.

Inköpskostnad diesellastbil	3 miljoner kr
Inköpskostnad ellastbil	6 miljoner kr
Maximalt stödberättigande belopp (40 % av mellanskillnad)	1,2 miljoner kr
20 % av ellastbilens inköpskostnad	1,2 miljoner kr

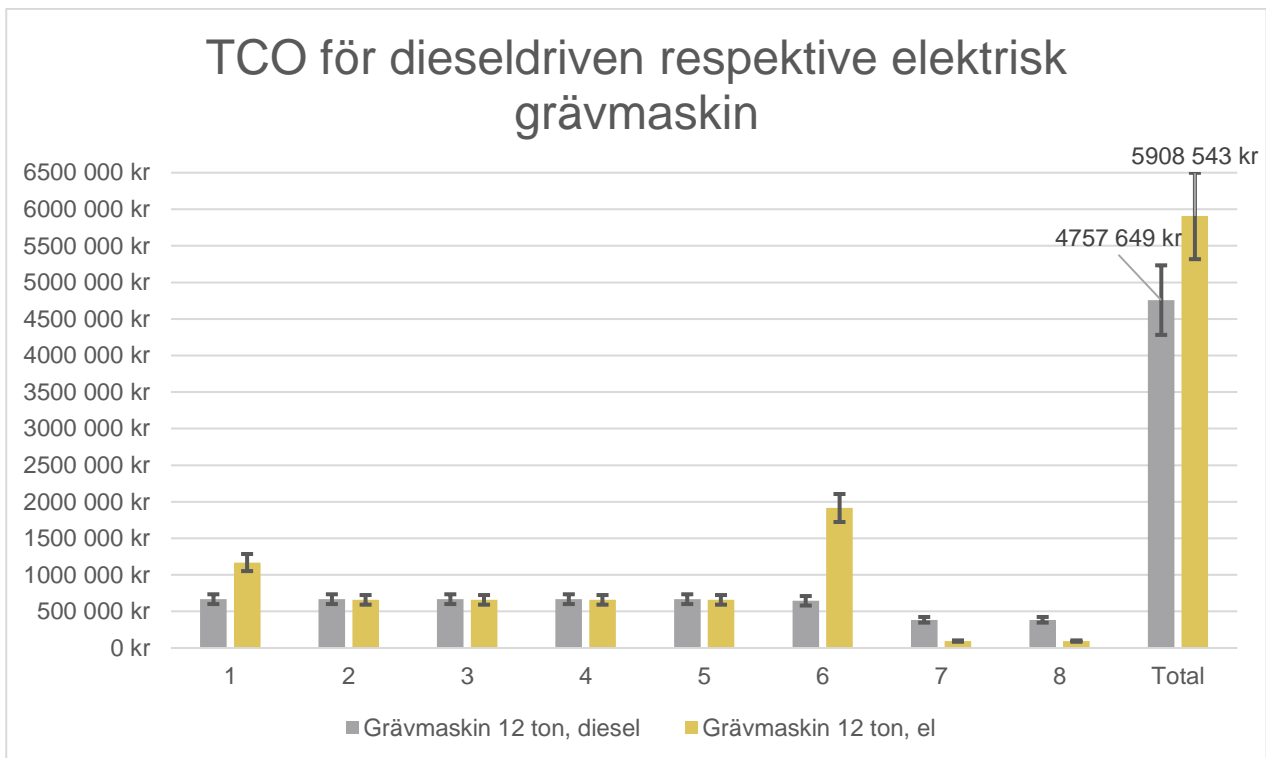
Hur länge en anläggningsmaskin används varierar, men utifrån intervjuer med både entreprenörer och återförsäljare är en vanlig användningsperiod åtta år. Detta antas gälla för både konventionella och elektriska. Bland annat Trafikverket ställer ibland krav på högsta ålder för anläggningsmaskiner i sina projekt, vilket ofta då är åtta år. Därför används en tidsperiod om åtta år i TCO. Det ska tilläggas att den tekniska livslängden är i de flesta fall påtagligt längre än användningstiden.

4.2 TCO för en dieselmaskin och en elektrisk maskin

De värden som ligger till grund för TCO för både en konventionell grävmaskin samt en elektrisk listas i tabell 9. I figur 6 illustreras maskinernas årliga kostnad över en tidsperiod på åtta år samt vad den totala kostnaden blir under samma tidsperiod. Enligt återförsäljare är leasing en vanlig form för att införskaffa nya anläggningsmaskiner för entreprenörer. Här appliceras här en leasingmodell med en avtalsperiod om 60 månader och kvarvarande restvärde om 20%. Leasingkostnader baseras på underlag från Nordic Finance. Bränsle- och elkostnader är samma som i tidigare avsnittet.

Tabell 9. Kapitalkostnader för en dieseldriven grävmaskin på 12 ton respektive en eldriven grävmaskin på 12 ton.

Ingångsvärde	Diesel	EI
Inköp	1 300 000 kr	3 250 000 kr
Klimatpremie	-	-650 000 kr
20% restvärde	260 000 kr	520 000 kr
Leasingkostnad per månad	23 503 kr	47 005 kr
Avtalsperiod	60 månader	60 månader
Livslängd batteri	-	5 år
Nytt batteri, 40% av inköp		1 300 000 kr
Laddare vid garage	-	350 000 kr
Elnätsanslutning, garage	-	160 000 kr
Timmar i drift per år	1800 timmar	1463 timmar
Diesel per timme	7,2 liter	-
Adblue per timme	0,36 liter	-
Dieselpri per liter	24,17 kr	-
Pris Adblue per liter	12,18 kr	-
Elförbrukning per timme	-	26,5 kWh
Elpris inkl. överföring och skatt		197 öre
Service per timme	36 kr	12,60 kr



Figur 6. Jämförelse av TCO för dieseldriven respektive elektrisk grävmaskin på 12 ton med 10%-intervaller.

TCO för en elektrisk grävmaskin på 12 ton är cirka 24% högre jämfört med en konventionell grävmaskin. Detta beror på att elektriska maskiner har ett högre inköpsvärde, vilket resulterar i ett högre restvärde vid utköp, samt att det förutsätts att ett nytt batteri behöver köpas in efter fem år. Dessutom behöver laddare köpas in och installeras, vilket syns under år 1 i figuren ovan. Kostnaden för batteriet antas uppgå till 40% av maskinens inköpspris och är den enskilt dyraste komponenten i dessa maskiner. Utköp och nytt batteri sker under år 6 i figur 6. Från och med efterföljande, då leasingavtalet upphört och maskinen är utköpt, år är kostnaderna för både dieselmaskinen och den elektriska påtagligt lägre.

För en entreprenör är det av intresse att ställa TCO mot tänkbar produktivitet, det vill säga vilka faktiskt drifttid maskinen har samt vilka intäkter som går att erhålla. Gällande laddning och drifttider beror det på hur hårt maskinen går, utomhustemperatur och batteristorlek. Volvo CE anger att för deras 23 tons bandgrävare EC230 är drifttiden upp till fem timmar normalt bruk. Maskinen har konstruerats för att klara en hel arbetsdag på åtta timmar, med en snabbbladdning med hög effekt under lunchtimmen. Som allround-maskin är den konstruerad för en rad olika uppgifter, inklusive utgrävning, schaktning och planering för platsförberedelser i

byggnadssegmentet, såväl som för avfalls- och skrothantering i återvinnings- och avfallssegmentet. Mindre maskiner som utför lättare arbete kan gå ett helt skift upp till åtta timmar.

4.3 Förändrade ingångsvärden

Flera av de ingångsvärden som nämnts kommer påverkas under kommande år. Den totala klimatpremien för år 2023 uppgår till 462 miljoner kronor. För 2024 och 2025 räknar regeringen sedan med att anslå 452 respektive 42 miljoner kronor. Det innebär för en enskild entreprenör att potentiellt stöd kommer minska, vilket betyder att entreprenörerna kommer behöva gå in med motsvarande summa själva för införskaffning av elektriska maskiner.

Från och med 2024 sänks energiskatten på bensin och diesel i Sverige med 80 öre per liter, vilket med moms innebär 1 krona per liter jämfört med vad det annars skulle ha kostat. Samtidigt återinförs den årliga BNP-indexeringen av skattesatserna, som pausades för kalenderåret 2022, vilket innebär att prissänkningen vid pump troligen stannar vid cirka 40 öre/liter för bensin och 13 öre/liter för diesel.

Reduktionsplikten ska sänkas till 6 procent vid årsskiftet 2023/24, för både bensin och diesel. Reduktionsplikten ligger i dag på 7,8 procent för bensin och 30,5 procent för diesel. Utifrån marknadens respons är det svårt att estimerar hur det kommer påverka pris vid pump. Enligt regeringspartiernas beräkningar innebär det att dieselpriset kan bli 5,50 kronor billigare per liter. Energimyndigheten och Energibyran IEA samt flertalet större bränsle företag bedömer att en ökad efterfrågan på rådiezel gör att priset kan stiga från dagens nivåer och därmed minska effekten av sänkt reduktionsplikt.

Förutom förändringar finns det även osäkerheter att ta hänsyn till, i detta fall vad gäller andrahandsvärdet av elmaskiner. Bedömning av andrahandsmarknad för elmaskiner är svår då andrahandsmarknaden inte har hunnit utvecklas. Utifrån intervjuer med maskintillverkarna så kommer samma parametrar som gäller för dagens dieselmaskiner gälla även för elmaskiner:

- Garanti för drifttider på batterier
- Serviceintervaller för maximal driftsäkerhet
- Utbyte av reservdelar vid slitage

Andrahandsmarknaden för elmaskiner kan eventuellt följa samma mönster som utvecklingen inom elbilar. En välvårdad och servad maskin från en etablerad tillverkare har en högre sannolikhet att erhålla högt andrahandsvärde. Teknisk livslängd är runt 15 år

även om det med rätt service och byte av delar går att få både dieselmaskiner och elmaskiner att användas betydligt längre än så.

Enligt en intervjuad återförsäljare kan tomgångskörningen för en dieselmaskin uppgå till cirka 10% av total drifttid, beroende på bland annat förare och typ av projekt. Graden av tomgångskörning påverkar således både bränsleförbrukning och serviceintervaller baserat på antal timmar i drift. Till skillnad från dieselmaskiner, saknar elmaskiner tomgångskörning mer eller mindre och elförbrukningen är försumbar den tiden. Dock har ingen hänsyn tagits till tomgång för vare sig vägprojektet eller TCO då uppgifterna ej har kunnat bekräftas. Om hänsyn tas å andra sidan, skulle kostnaderna för elmaskiner minska eftersom det resulterar i lägre elförbrukning samt längre serviceintervaller.

Sammantaget kommer detta påverka TCO för såväl en elektrisk maskin som en konventionell, varför det är av intresse att fortsatt belysa frågan efter att förändringarna fått genomslag.

5 Jämförelse av projektkostnad

Enbart drivmedelskostnader beskriver inte hela kostnadsbilden och en totalkostnadsanalys är kanske främst intressant för entreprenörer som överväger olika investeringsalternativ, men säger desto mindre om vad ett helt projekt kostar. Därför behöver fler faktorer vägas samman i jämförelsen, vilket kan åstadkommas genom att inkludera kapitalkostnader, operativa kostnader samt drivmedelskostnader. Maskinkostnader är ett relevant jämförelsemått och omfattar kapitalkostnader, operativa kostnader samt drivmedelskostnader. Maskinkostnad är vad det kostar att hyra en maskin per timme och innefattar tidigare nämnda kostnadsfaktorer. För eldrivna maskiner tillkommer ett antal projektspecifika kapitalkostnader, vilka förtydligas nedan.

I detta fall görs en jämförelse av maskinkostnadens delar som skiljer sig åt mellan beroende på maskin och drivmedel. Därmed antas att rörelsemarginaler, löne- och overhead-kostnader utgör lika stor del av maskinkostnaden oavsett maskintyp och utgår därför i jämförelsen.

Från intervjuer med entreprenörer har genomsnittliga inköspriser för dieseldrivna anläggningsmaskiner erhållits, se tabell 10. I dagsläget finns inte motsvarande utbud av eldrivna maskiner på marknaden. Inköspriser för elmaskiner är därför uppskattningar baserade på uppgifter från tillverkare som uppger upp till tre gånger högre pris för en elmaskin. Här antas att genomsnittliga inköspriset för elektriska anläggningsmaskiner är 2,5 gånger högre.

Tabell 10. Inköspriser för dieseldrivna anläggningsmaskiner samt eldrivna anläggningsmaskiner.

Anläggningsmaskin	Inköspris, diesel	Inköspris, el
Lastbil med släp	3 500 000 kr	8 750 000 kr
Lastbil utan släp	2 500 000 kr	6 250 000 kr
Dumper A25	3 500 000 kr	8 750 000 kr
Grävmaskin band 45 ton	5 500 000 kr	13 750 000 kr
Grävmaskin band 12 ton	1 300 000 kr	3 250 000 kr
Grävmaskin band 25 ton	3 200 000 kr	8 000 000 kr
Grävmaskin på hjul 17–20 ton	3 300 000 kr	8 250 000 kr
Hjullastare L70	2 300 000 kr	5 750 000 kr
Hjullastare L90	2 500 000 kr	6 250 000 kr
Bandschaktare D6	3 500 000 kr	8 750 000 kr
Väghyvel 10–16 ton	4 000 000 kr	10 000 000 kr

Kostnaderna per maskin i denna jämförelse bygger på de drivmedelskostnader som presenterats i kapitel 3 samt totalkostnadsanalyser för alla slags anläggningsmaskiner. Exempel på totalkostnadsanalys återfinns i föregående kapitel. Kostnaderna varierar för en maskin över tid, men i detta fall har de slagits ut över åtta år för ett erhålla en sammantagen maskinkostnad som fortfarande tar höjd för alla relevanta kostnadsfaktorer. I tabell 11 presenteras maskinkostnader för de anläggningsmaskinerna som använts i referensprojektet utifrån drivmedel.

Tabell 11. Indexerade maskinkostnader per timme för diesel, HVO100 och el för ingående anläggningsmaskiner i referensprojektet. Index för respektive anläggningsmaskin utgår från diesel.

Anläggningsmaskin	Diesel	HVO100	Elektrisk
Lastbil med släp	100	109	184
Lastbil utan släp	100	108	196
Dumper A25	100	112	159
Grävmaskin band 45 ton	100	114	140
Grävmaskin band 12 ton	100	114	128
Grävmaskin band 25 ton	100	114	145
Grävmaskin på hjul 17–20 ton	100	112	160
Hjullastare L70	100	113	149
Hjullastare L90	100	114	138
Bandschaktare D6	100	115	130
Väghyvel 10–16 ton	100	111	167

Total kostnad per anläggningsmaskin för referensprojektet erhålls genom att ta maskinkostnaden och multiplicera med antal arbetstimmar, vilka listas i tabell 1. I det elektrifierade scenariot däremot blir antalet timmar fler än antalet arbetstimmar då det finns en produktivitetstförlust i form av laddtid att ta hänsyn till.

Över åtta timmar har en genomsnittlig elektrisk anläggningsmaskin en drifttid om sex och en halv timme, enligt återförsäljare samt entreprenörer, där resterande tid är laddtid och därmed inproduktiv tid. Detta ska jämföras med dieseldrivna anläggningsmaskiner som mer eller mindre har en produktivitet på 100% över åtta timmar. Med andra ord har elektriska anläggningsmaskiner ungefär 81% produktivitet jämfört med diesel. Med utgångspunkten att presenterade arbetstimmar per anläggningsmaskin är det som krävs för att åstadkomma utformningen beskriven under kapitel 2, behöver därför fler timmar adderas för de elektriska maskinerna för att komma upp i samma antal produktiva arbetstimmar. Här antas det att maskinkostnaden är densamma oavsett om anläggningsmaskinen laddas eller inte. I figur 7 presenteras kostnaden för respektive anläggningsmaskin i referensprojektet utifrån maskintyp och drivmedel.



Figur 7. Maskinkostnad per anläggningsmaskin i referensprojektet uppdelat på drivmedel.

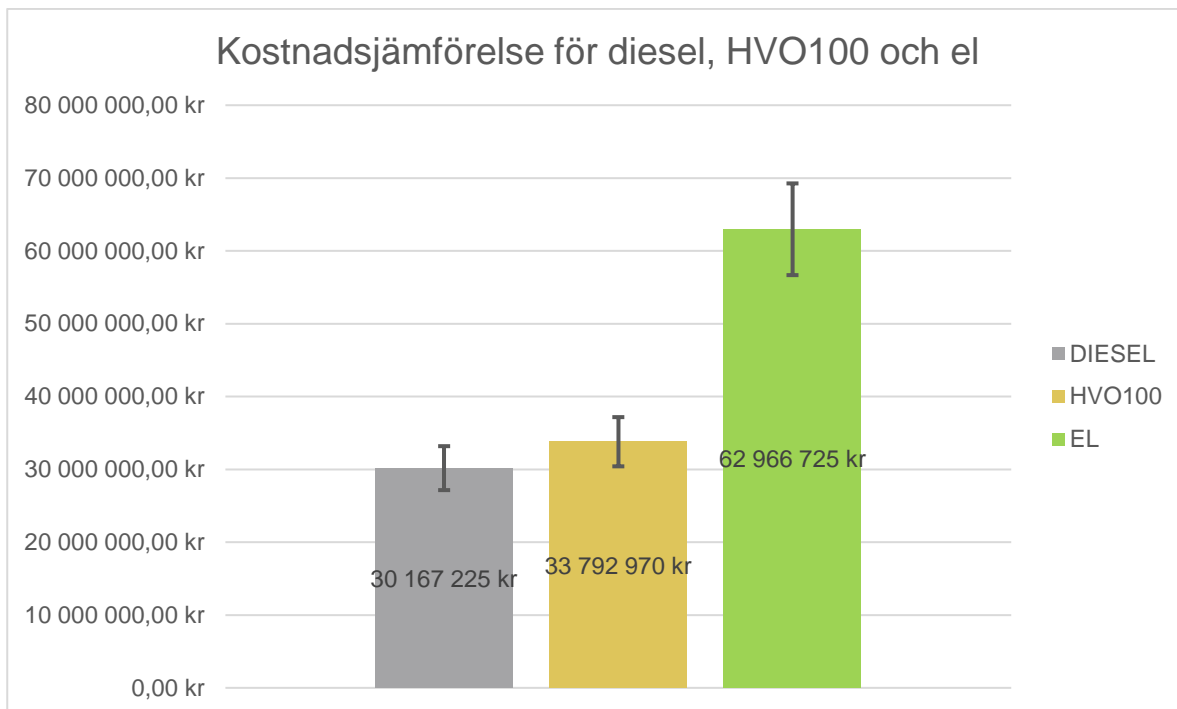
För att möjliggöra användningen av elektriska anläggningsmaskiner i ett vägprojekt krävs det en elanslutning till det aktuella området. I detta vägprojekt antas effektbehovet vara 1 MW. Utifrån intervju med ett energibolag har schablonuppgifter om en anslutningskostnad om 400 kr per kW erhållits. Mellan anslutningspunkt och projektområde antas sträckan vara 1 km, vilket, enligt elnätstjänsterna på Sweco, ställer krav på en transformator för att förstärka kapaciteten hela vägen fram till området. Sedan antas det att tre laddare med en effekt om 265 kW installeras på området. Mer information om dessa kostnader återfinns i tabell 12. Laddare och transformatorer kan återanvändas i efterföljande projekt, vilket då medför lägre kostnad.

Tabell 12. Projektspecifika kapitalkostnader för att kunna nyttja el inom projektområdet. I kostnaden för laddare är installation och andra relaterade kostnader inkluderade.

Projektspecifika kapitalkostnader	Kostnad
Anslutningskostnad 1 MW	400 000 kr
3 laddare á 265 kW	3 000 000 kr
Transformator	500 000 kr

En sammanställning av alla kostnader per drivmedel visas i figur 8. Kostnaderna i det elektrifierade scenariot är påtagligt högre jämfört med diesel och HVO100, ungefär 109% högre än diesel och 86% högre än HVO100. Den högre kostnaden förklaras av högre kapitalkostnader där det framför allt handlar om kostnader för batteribyte, högre restvärde samt projektspecifika kapitalkostnader. Som beskrivet under totalkostnadsanalysen finns det flera kapitalkostnader att ta hänsyn till för elmaskiner, såsom laddare och kostnader för anslutning till elnät, som maskinkostnaden ska täcka. Om kostnaderna för laddare och transformator utesluts är kostnaderna i det elektrifierade scenariot ungefär 97% högre jämfört med dieselscenariot.

I takt med att produktionsvolymerna av elektriska maskiner ökar, kommer mest troligen inköpspriserna att sjunka samt övriga kapitalkostnader. Å andra sidan tar detta scenario hänsyn till klimatpremien, men som konstaterat under kapitel 4.3 kommer denna subvention att upphöra om dagens planer står fast och kapitalkostnaderna kommer således öka för den enskilde entreprenören. En ytterligare kapitalkostnad som räknats med i detta fall är batteribyte och i takt med att marknaden växer kan det tänkas att även denna kostnad sjunker framgent.



Figur 8. Maskinkostnader för referensprojektet utifrån anläggningsmaskiner drivna på diesel, HVO100 respektive el.

Drivmedelspriserna för diesel och HVO100 kommer att förändras framöver, vilket förklarats under föregående kapitel. Vilket genomslag dessa förändringar får för detta referensprojekt går ännu inte att säga då regeringen och marknaden prisar in förändringarna olika. Dagens politik med sänkt reduktionsplikt ser dock ut att öka de klimatpåverkande utsläppen öka från dieseldrivna anläggningsmaskiner.

6 Slutsatser och diskussion

6.1 Slutsatser

Ur kostnadsjämförelsen i föregående kapitel framgår att nyttjande av en elektrifierad maskinpark i det refererade vägprojektet medför en kostnadsökning om 109% jämfört med en dieseldriven maskinpark. Den högre maskinkostnaden för eldrivna maskiner förklaras främst av högre kapitalkostnader, både för införskaffning och för laddningsmöjligheter, jämfört med konventionella anläggningsmaskiner. Energiförbrukningen och den därtill relaterade kostnaden är däremot väsentligt lägre för den elektrifierade maskinparken jämfört med den konventionella. Vissa av kapitalkostnaderna, såsom laddare och transformator, kan återanvändas i fler projekt, vilket minskar kostnaden i efterföljande projekt.

I två av scenarierna antas de klimatpåverkande utsläppen från driften av anläggningsmaskinerna vara låga, nämligen HVO100 och el. Vid en jämförelse mellan dessa två, kan det konstateras att det elektrifierade scenariot har en 86% högre kostnad jämfört med HVO100. Ur ett kostnadsperspektiv förefaller HVO100 vara ett mer effektivt alternativ i dagsläget för att sänka utsläppen från anläggningsmaskiner.

Utformningen och ingående aktiviteter i såväl vägprojekt som andra infrastrukturprojekt kan skilja sig från det refererade vägprojektet. Beroende på vilka ingående aktiviteter som finns i projekten, påverkas även vilka anläggningsmaskiner som ska användas och i vilken omfattning de ska användas. Det ska därför tilläggas att en kostnadsjämförelse baserat på ett annat projekt troligen erhåller andra kostnader. Det är dock rimligt att anta att nyttjande av en elektrifierad maskinpark i de flesta projekt i dagsläget kommer medföra en påtagligt högre kostnad.

6.2 Diskussion

Framtida regleringar och reduktionsplikt inom EU kommer att sätta höga krav på utsläppsminskningar och hållbara lösningar. Genom

att anta elektrifierade arbetsmaskiner kan bygg- och anläggningsbranschen vara i linje med dessa regleringar och möjliggöra en mer hållbar utveckling. Det är viktigt att vara proaktiv och integrera elektrifiering i verksamheterna för att säkerställa överensstämmelse med framtida krav och regler.

Det finns ytterligare fördelar som lyfts fram i samband med en elektrifiering. Energimyndigheten bedömer att i vissa tillämpningar tillför elektrifierade maskiner andra fördelar/mervärden förutom minskade utsläpp som kan driva på utvecklingen. Som exempel kan nämnas buller då elektrifierade maskiner som regel är tystare vilket gör att de kan användas i känsliga områden och under tider på dygnet där maskiner med förbränningsmotor inte kan användas idag.

Det finns dock flera stora utmaningar för att möjliggöra en omfattande elektrifiering. Vid flera intervjuer har det framkommit att det kommer vara en utmaning att tillgodose effektbehov från elektriska anläggningsmaskiner. Just tillgång till elnät kan vara en trång sektor, men flera maskintillverkare ser över möjligheten till mobila batterier som långsamt laddas över natten för att sedan snabbbladda maskiner i samband med raster under dagen. Caterpillar kommer att parallellt med utrustning av elmaskiner på marknaden 2024 även erbjuda mobila laddningslösningar. Framför allt handlar det om batterier i stora containrar som kan laddas under natten och sedan jämna ut effektoppar under dagen. Vad en sådan lösning kommer kosta är ännu inte fastställt då lösningen är under utvärdering för närvarande.

I samtalen med maskintillverkare, återförsäljare och Trafikverket framgår att elektrifiering är den just nu starkaste trenden och troligen kommer bli den dominerande tekniken för att minska klimatpåverkan i infrastrukturprojekt. Dock finns det fortfarande ett behov av en palett av lösningar, där HVO100 har en fortsatt viktig roll. Till en början är det rimligt att enklare applikationer elektrifieras och större, svårare applikationer kommer dröja. Vad gäller exempelvis snöfall behöver vägarna snöröjas enligt upphandlat kontrakt för att möjliggöra trafik även vintertid. Under ansträngda situationer med till exempel långa intensiva snöfall förväntas entreprenörer som ansvarar för vägunderhållet arbeta långa pass vilket minskar utrymmet för stillastående fordon pga. laddning. HVO100 kan exempelvis viga åt en sådan applikation.

En ytterligare utmaning för elektrifiering är att etablera en tillräckligt utbyggd och tillgänglig laddinfrastruktur. Samarbeten mellan byggföretag, myndigheter och energibolag kan bidra till utvecklingen av laddningsstationer och snabbbladdningsalternativ. En robust laddinfrastruktur med tillräcklig kapacitet och täckning är

nödvändig för att underlätta en smidig övergång till elmaskiner inom branschen.

För att skapa så gynnsamma förutsättningar som möjligt för den gröna omställningen bör stora aktörer, såsom Trafikverket, ställa högre krav i kommande upphandlingar på utsläppsfria maskiner och samtidigt balansera kraven mot marknadens utveckling, förslagsvis genom ekonomiska incitament. Krav och incitament behöver ta hänsyn till vad som är praktiskt genomförbart samt ur ett konkurrensperspektiv för att inte utesluta delar av marknaden. Som upphandlande myndighet måste hänsyn tas till lika behandling i upphandling, vilket innebär att det måste finnas flera aktörer och flera maskinleverantörer på marknaden för att inkludera fler potentiella entreprenadföretag och inte utesluta en för stor del av marknaden. Finns det bara en maskintillverkare som elektrifierat en specifik maskin så är det svårt att i en upphandling ställa krav på exakt den lösningen.

6.3 Incitament och krav för att möjliggöra klimatneutrala infrastrukturprojekt

Trafikverket är mitt uppe i att ta fram en aktivitetsplan med strategier för nollutsläppsfordon för entreprenader. Inom ramen för detta arbetar de med en kombination av i första hand incitament för minskade utsläpp (reduktion i förhållande till basvärde) och i andra änden viten i det läge man inte uppfyller önskade materialval eller reduktionsmål.

Trafikverket ställer idag krav i sina upphandlingar att en viss andel av personbilar och lätta lastbilar ska vara nollutsläppsfordon, samt att en viss andel av använt drivmedel ska vara förnybart drivmedel. Kraven på andel nollutsläppsfordon och förnybart drivmedel kommer succesivt att öka, beroende på vilket år entreprenaden genomförs. En utmaning är att tillgången är ibland lokalt begränsad. Vad gäller förnybart drivmedel så har entreprenörer ibland löst det med utplacerade farmartankar för att tillgodose volym av bränsle på plats.

Idag är det projekt över 50 miljoner kronor som har krav på klimatkalkyl. I projekt med totalbudget under 50 miljoner kronor ställer Trafikverket i stället krav på nollutsläppsfordon, förnybart drivmedel, och maximala utsläpp för vissa material.

I dag är kraven på reduktion oftast runt 15 %, men kan variera beroende på var i tid man befinner sig i projektet. Reduktionskrav utgår från bedömd tid för färdigställande. Ju längre fram i tiden, desto tuffare reduktionskrav. Överträffar projektet ställt reduktionskrav betalas en bonus ut på ca 1–1,5 SEK per CO₂-ekvivalent.

Ett nyligen infört incitament är att Trafikverket med start under 2023 kommer ge 1,3 kr per förbrukad kWh för att sänka tröskeln för elfordon/maskiner. Denna bonus betalas utöver eventuell bonus för uppnådda reduktioner. Denna bonus ska ses som ett bidrag till att investera i tunga nollutsläppsfordon och arbetsmaskiner. Som konstaterat är energikostnader för elmaskiner förhållandevis låga i ett vägprojekt, varför stöd av detta slag leder mindre effekt på den totala kostnaden. Största kostnadsparametrarna för en elektrisk anläggningsmaskin härrör från kapitalkostnader av olika slag, varför incitament och stöd även behöver riktas mot dessa parametrar. Annars är det från entreprenörers sida svårt att se tydliga incitament till att ställa om sin maskinpark.

Together with our clients and the collective knowledge of our 18,500 architects, engineers and other specialists, we co-create solutions that address urbanisation, capture the power of digitalisation, and make our societies more sustainable.

Sweco – Transforming society together