

Klimatpåverkan från arbetsfordon i byggproduktion

Erik Bolinder



LUNDS
UNIVERSITET

© Copyright Erik Bolinder

Lunds universitet, Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Byggproduktion

Telefon: +46 46 2227421
Hemsida: www.bekon.lth.se

ISRN LUTVDG/TVBP-18/5570-SE

Abstract

- Title:** The climate impact of non-road mobile construction machinery
- Author:** Erik Bolinder
- Supervisors:** Stefan Olander, Associate Professor, Construction Science, Division of Construction Management, Lund Institute of Technology
Håkan Hultberg, NCC, Head of Specialists
- Examiner:** Urban Persson, Teacher, Construction Science, Division of Construction Management, Lund Institute of Technology
- Problems:** *What is the climate impact of non-road mobile construction machinery expressed in carbon dioxide equivalents?
What requirements may be imposed on subcontractors to reduce the climate impact from non-road mobile construction machinery?*
- Purpose:** The purpose of this thesis was to understand what climate impact non-road mobile construction machinery has and what can be done to reduce this climate impact.
- Method:** The thesis was conducted as a case study at one of the construction company NCC's construction sites. Beside performing research, short interviews with drivers and longer interviews with persons with an administrative position at the case study's subcontractors were made. Observations and time measurements of the non-road mobile construction machinery usage was also conducted.
- Conclusions:** The climate impact of the non-road mobile construction machinery is relatively small. A figure showing the climate impact of each machine can be found in the thesis. To reduce the climate impact of the non-road mobile construction

machinery, they should run on bio diesel or electricity, through electric hybrids, to the greatest extent possible. Turning the machine off if it isn't going to be used soon is also recommended.

Keywords:

Sustainability, climate impact, greenhouse gases, non-road mobile construction machinery, renewable propellants, idling, construction, subcontractors

Sammanfattning

Titel:	Klimatpåverkan från arbetsfordon i byggproduktion
Författare:	Erik Bolinder
Handledare:	Stefan Olander, Docent, Institutionen för Bygghvetenskaper, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola Håkan Hultberg, NCC, Specialistchef
Examinator:	Urban Persson, Lärare, Institutionen för Bygghvetenskaper, Avdelningen för Byggproduktion, Lunds Tekniska Högskola
Problemställning:	<i>Vilken klimatpåverkan har arbetsfordon på en byggarbetsplats uttryckt i koldioxidekvivalenter? Vilka krav kan ställas på underentreprenörer för att minska klimatpåverkan från arbetsfordon?</i>
Syfte:	Syftet med studien är att få en inblick vilken klimatpåverkan fordon och maskiner i byggproduktionen har och vilka krav som kan ställas på underentreprenörer för att minska denna påverkan.
Metod:	Studien är genomförd som en fallstudie på en av företaget NCC:s byggarbetsplatser. Förutom en litteraturstudie har kortare intervjuer med fordonsförare och längre intervjuer med personer med en mer administrativ roll på det valda fallets underentreprenörer gjorts. Även observationer och tidmätningar av arbetsfordonens användning har utförts.
Slutsats:	Arbetsfordonens klimatpåverkan är relativt liten. I studien finnes en figur med respektive arbetsfordons klimatpåverkan. För att minska klimatpåverkan från arbetsfordonen bör de drivas med HVO och el, genom användning av el-hybrider, i största möjliga utsträckning. Minskning av tomgångskörning genom avstängning av motorn när den inte förväntas användas snart igen rekommenderas också som en kravställning.

Nyckelord:

Hållbarhet, klimatpåverkan, växthusgassläpp, arbetsfordon, förnyelsebara drivmedel, tomgångskörning, byggproduktion, underentreprenörer

Förord

Denna studie är även det examensarbete som utgör den avslutande delen av mina fem år av studier på Väg- och Vattenbyggnad vid Lunds tekniska högskola. Studien varade under den sista terminen av civilingenjörsprogrammet.

Jag vill först tacka mina handledare Stefan Olander, Docent på avdelningen för byggproduktion på LTH, och Håkan Hultberg på NCC för det stöd och den feedback som jag fått under studiens gång. Självklart vill jag även rikta ett stort tack till de trevliga och hjälpsamma personer jag mött på NCC:s byggarbetsplats. Slutligen vill jag även tacka de personer som tagits sig tid att bli intervjuade och därmed möjliggjort att denna studie kunde bli genomförd.

Att få arbeta med denna studie har varit mycket lärorikt, både när det kommer till hur en undersökning ska gå tillväga, men också när det gäller själva studiens ämne. Hållbarhet är något som jag brinner för och jag hoppas att i framtiden få vara med och utveckla byggbranschen till att bli mer klimatsmart.

Lund den 31:a maj 2018

Erik Bolinder

Innehållsförteckning

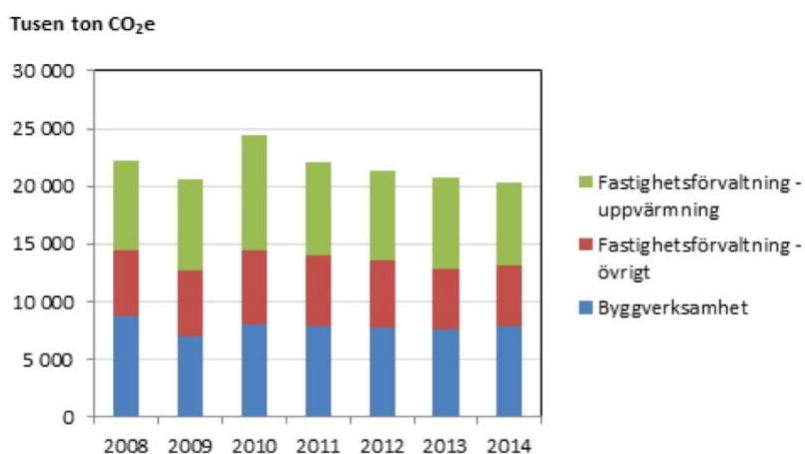
Abstract	3
Sammanfattning	5
Förord	7
1 Inledning	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Syfte och mål	11
1.3 Avgränsningar	12
1.4 Målgrupp	12
1.5 Disposition	12
2 Metod	13
2.1 Kvalitativ och kvantitativ undersökningsmetodik	13
2.2 Validitet och reliabilitet	14
2.2.1 Kvalitativa metoders reliabilitet och validitet	15
2.3 Förhållande mellan teori och praktik	15
2.4 Fallstudien	16
2.4.1 Det valda fallet	16
2.4.2 NCC	17
2.4.3 Studiens metoder	17
3 Litteraturstudie	19
3.1 Byggbranschens klimatpåverkan	19
3.1.1 Definition av klimatpåverkan	19
3.1.2 Klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv	20
3.1.3 Byggproduktionens påverkan	22
3.2 Den globala uppvärmningen	23
3.2.1 Växthusgaser	23
3.3 Drivmedel	25
3.3.1 Biodiesel	26
3.3.2 FAME	27
3.3.3 HVO	28
3.3.4 El	30
3.4 Krav	32
3.5 Arbetsfordonens egenskaper och användning	32
3.5.1 Efterbehandlingsutrustning	34
3.5.2 El-hybrider	34
3.5.3 Minskning av bränsleförbrukning hos grävmaskiner	35
3.5.4 Automatisk avstängning vid tomgångskörning	35
3.6 Beräkning av växthusgasutsläpp	36

3.6.1	Ekvation baserad på bränsleförbrukning	36
3.6.2	Ekvation baserad på motoreffekt och belastningsgrad	38
3.6.3	Verkningsgrad	39
3.6.4	Utsläpp personbil	39
4	Empiri	40
4.1	Intervjuer	40
4.1.1	Sammanställning av företagsintervjuer	40
4.1.2	Kortare intervjuer med övriga maskinförare	42
4.2	Observationer	43
4.2.1	Tidmätningar	43
5	Analys	49
5.1	Arbetsfordonens klimatpåverkan	49
5.1.1	Generell påverkan	49
5.1.2	Beräkning av koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner	49
5.2	Drivmedel	55
5.2.1	FAME och HVO	55
5.2.2	El	57
5.3	Fordonets egenskaper	58
5.3.1	El-hybrider	58
5.3.2	Fordonets motor	59
5.4	Tomgångskörning	60
6	Slutsats	64
6.1	Fortsatt forskning	66
6.2	Diskussion av studiens resultat och tillvägagångssätt	66
7	Referenser	68
8	Bilagor	75
8.1	Bilaga 1	75
8.1.1	Intervju 1 – Miljöspecialist NCC	75
8.1.2	Intervju 2 – Förare betongpumpsbil	76
8.1.3	Intervju 3 – Underentreprenör grävmaskiner	77
8.1.4	Intervju 4 – Underentreprenör mobilkranar	77
8.1.5	Intervju 5 – Transportchef leverantör av betong och betongpumpar	78
8.1.6	Intervju 6 – Koordinator på företag med uthyrning av anläggningsmaskiner	79
8.1.7	Intervju 7 – Underentreprenad hjullastare	79
8.1.8	Intervju 8 – Underentreprenad teleskoptruck	80

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den globala uppvärmningen hotar idag att orsaka bland annat höjda havsnivåer och extremväder till följd av stora utsläpp av växthusgaser (WWF, 2017b). Djur- och växtliv kan komma att utrotas på vissa håll samtidigt som världens fattiga troligtvis kommer få det allt svårare (WWF, 2017b) och många kan tvingas på flykt till följd av det ändrade klimatet (Kellner, 2017). Westlund et al., (2014) förklarar att i Sverige stod byggindustrin år 2012 för lika stor klimatpåverkan som samtliga personbilar i landet. Detta innebär att påverkan från byggbranschen totalt under året motsvarade 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter, varav cirka 4 miljoner ton kom ifrån husprojekt och resterande mängd från anläggningsprojekt. Begreppet koldioxidekvivalenter är ett mått på hur stor klimatpåverkan en viss mängd utsläpp har (Naturskyddsföreningen, 2017). Växthusgaser har nämligen olika stor klimatpåverkan, läs mer i avsnitt 3.2.1. Vidare upplyser Boverket (2017) att bygg- och fastighetssektorn under 2014 stod för 11,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter inom Sveriges gränser. Detta motsvarar nästan en femtedel av hela landets totala växthusgasutsläpp. Dessutom, menar Boverket (2017), orsakade samma sektor 8,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter i utlandet. I figur 1 presenteras hur stor klimatpåverkan de olika delarna inom bygg- och fastighetssektorn är. Det framgår här tydligt att byggverksamheten står för en tydlig del av utsläppen av växthusgaser.



Figur 1. Klimatpåverkan från bygg- och fastighetsbranschen år 2008 - 2014. Källa: Boverket (2017)

Tidigare har minskningen av koldioxidutsläpp under byggnadens drifttid varit i fokus och studier för cirka 20 år sedan visade på att 85 % av energianvändningen skedde under denna del av livscykel (Adalberth, 1999). Boverket har än idag inte några krav på byggnaden under byggprocessen, kraven ställs endast på förvaltningsperioden (Kellner, 2017). Liljeström & Malmqvist (2015) förklarar att i med takt att hus idag byggs allt energisnålare och dessutom kräver större mängder material blir klimatpåverkan i byggprocessen allt viktigare. Dessutom blir andelen förnybara bränslen för tillverkning av fjärrvärme allt större, vilket minskar klimatpåverkan under drifttiden betydligt (Kellner, 2017). En studie gjord i Sverige visar på att 50 % av ett hus klimatpåverkan sett till dess livscykel kan uppstå under byggprocessen (Liljenström & Malmqvist, 2015). Studier har dessutom visat att byggproduktionen kan stå för mellan 4,2% till 13 % av byggprocessens klimatpåverkan (Min-Seop, et al., 2016) och (Liljenström & Malmqvist, 2015). Hong m fl. (2014) fann att samma siffra kunde vara så liten som 2,4 %.

Utsläppen på en byggarbetsplats uppstår främst vid markarbeten, rörläggning, betongarbeten (Min-Seop, et al., 2016) och borring (Hong, et al., 2014). Naturvårdsverket (2017) menar på att vid bygg och anläggning används stora arbetsmaskiner, så som truckar, hjullastare och grävmaskiner, och dessa kräver stora mängder energi vid användandet. Det förklaras vidare att utsläppen från arbetsmaskiner inom industri, bygg och anläggning ökat med 35 % sedan år 1990. Framför allt, förklarar Naturvårdsverket (2017), är det koldioxid som släpps ut från dessa maskiner. Med detta sagt krävs alltså åtgärder för att minska utsläpp från dessa fordon för att på så vis minska påverkan av den globala uppvärmningen. En möjlig åtgärd är att som entreprenör ställa krav på sina underentreprenörer vid upphandling. Frågan är dock vilka krav som idag kan ställas.

1.2 Syfte och mål

Syftet med studien är att få en inblick vilken klimatpåverkan fordon och maskiner i byggproduktionen har och vilka krav som kan ställas på underentreprenörer för att minska denna påverkan.

Studien ska bidra till att få en klarare bild över hur stor koldioxidpåverkan från olika maskiner och fordon på byggarbetsplatsen är. Dessutom ska arbetet presentera vilka alternativ det finns på marknaden för en minskad påverkan från underentreprenörernas arbetsfordon och vilka krav som är möjliga att ställa på dessa underentreprenörer för att minska klimatpåverkan.

Frågeställningar som kommer behandlas i denna studie är

- Vilken klimatpåverkan har arbetsfordon på en byggarbetsplats uttryckt i koldioxidekvivalenter?
- Vilka krav kan ställas på underentreprenörer för att minska klimatpåverkan från arbetsfordon?

1.3 Avgränsningar

Ett byggprojekt bidrar till klimatpåverkan på en mängd olika sätt beroende på vilken tid under livscykelns som det talas om, men i denna studie behandlas endast klimatpåverkan till följd av arbetsfordonens avgasutsläpp under själva byggproduktionen. Dock ser studien även till utsläppen från tillverkningen av drivmedel. Det ska också tydliggöras att studien bara har sett till utsläppen av växthusgaser och inga andra miljö- och hälsoskadliga gaser. Vidare kommer studien endast att behandla arbetsfordon vid husbyggnadsprojekt. Studien kommer framför allt fokusera på de maskiner och fordon som används av NCC:s underentreprenörer på det utvalda byggprojektet. Slutligen ska det nämnas att studien pågår under en viss tidsperiod av byggprojektet och endast de arbetsfordon som finnes vid tidpunkterna för observationerna kommer att behandlas.

1.4 Målgrupp

Målgruppen för detta arbete är framför allt entreprenadföretag inom byggbranschen där upphandling sker mot underentreprenörer gällande mark- och anläggningsarbeten samt andra arbeten där arbetsfordon förekommer mycket. Rapporten kan även ses som en inblick för dessa underentreprenörer i hur de kan arbeta mer klimatsmart.

1.5 Disposition

Nedan följer en kort förklaring av innehållet i varje kapitel.

1. Inledning – Här förklaras bakgrunden till val av arbetets område. Dessutom presenteras här undersökningens mål och syfte, de avgränsningar som gjorts samt vilken målgrupp som kan tänka sig vara intresserad av att läsa arbetet.
2. Metod – Detta kapitel syftar till att förklara centrala begrepp gällande undersökningar samt en förklaring av den valda metoden. Dessutom presenteras kort företaget som fallstudien görs i samarbete med.
3. Litteraturstudie – I kapitlet har relevant information samlats och definitioner presenteras.
4. Resultat – Här presenteras studiens insamlade empiri.
5. Analys och diskussion – I detta kapitel kopplas teorin från kapitel 3 till resultatet från kapitel 4 och analyseras och diskuteras.
6. Slutsats – Svar på frågeställningarna som presenterats i kapitel 1 visas här som en följd av analysen gjord i kapitel 5. Även förslag på fortsatt forskning ges och en diskussion av studiens resultat och tillvägagångssätt förs.

2 Metod

Metod är enligt Holme och Solvang, 1997, ett redskap för att kunna genomföra en undersökning. Halvorsen (1992) beskriver det istället som ”läran om de instrument som ska användas för att samla in informationer” och påpekar att metoden gör undersökningen systematisk och därmed underlättar möjligheten att göra nya upptäckter.

2.1 Kvalitativ och kvantitativ undersökningsmetodik

Det brukar talas om två stycken olika sätt att utföra en undersökning, antingen görs det med kvalitativa eller kvantitativa metoder (Holme & Solvang, 1997).

I en kvantitativ undersökning sker insamling av data och mätningar som sedan används för att kunna dra generella slutsatser (Bell, 2000). Denna metod innebär ofta stor utsträckning av struktur och kontroll, samtidigt som forskaren försöker distansera sig från informationskällorna, menar Holme och Solvang (1997). Vidare förklaras att frågorna i undersökningen inte kan komma till att ändras under projektets gång och att det är möjligt redan innan start att fastslå vilka möjliga svar som undersökningen kommer ge.

Om en undersökning istället utförs kvalitativt, beskriver Bell (2000) det som att syftet istället är att få insikt i hur människor upplever sin värld och inte insamling av statistik. Man strävar här efter en djupare förståelse för något och har därför ofta närhet till källan för insamling av material till undersökningen (Holme & Solvang, 1997). Vilken metod som bör väljas beror på hur problemformuleringarna ser ut. Enligt Patel & Davidson passar kvantitativa metodiker de frågor som liknar:

- Var?
- Hur?
- Vilka är skillnaderna?
- Vilka är relationerna?

medan kvalitativa metoder passar frågor som:

- Vad är detta?
- Vilka är de underliggande mönstren?

Holme och Solvang (1997) menar att en kvantitativ undersökning är den metod som passar bäst om generaliseringar vill kunna dras. Bryman (2002) förklarar vidare att denna typ av metod alltid innehåller någon slags måttstock som gör att mätdata inte påverkas av tidpunkten eller personen som använder det och undersökningen därför kan

upprepas. Det sista kan nämligen ibland vara svårt att göra om kvalitativa metoder har använts, framför allt till följd av att forskaren kanske inte alltid ställer exakt samma frågor till alla de intervjuade. Bryman (2002) skriver att kvantitativa metoder att föredra vid försök att finna samband mellan olika faktorer. Denna typ av undersökningsmetod kritiseras däremot för att den inte ser skillnad på naturen och samhället. Bryman (2002) menar att vi människor ofta göra tolkningar av världen runt omkring oss, vilket inte bör jämföras med naturliga objekt som till exempel elektroner eller atomer. Med andra ord menas att andra metoder än kvantitativa ger en bättre helhetsbild av samhället.

Kvalitativa metoder får då och då kritik för att vara subjektiva och beroende av forskarens förmåga att uppfatta vad som är viktigt i till exempel en intervju (Bryman, 2002). Dessutom kan forskaren komma till att ändra frågorna och dess antal under det pågående projektets gång, påpekar Holme och Solvang (1997). Däremot har den kvalitativa metoden fördelen att den ger en helhetsbild och belysning av problemställningen kan göras ur flera olika synvinklar. Detta är inte fallet vid kvantitativ undersökningsmetodik, förklarar Holme och Solvang (1997), där man försöker dra generella slutsatser och inte kan ändra frågorna om en ny infallsvinkel dyker upp.

2.2 Validitet och reliabilitet

Vid en undersökning är det självklart viktigt att det som avses att mäta faktiskt mäts. Om detta görs sägs undersökningen ha hög validitet (Patel & Davidson, 2003). Bell (2000) menar att validitet är ett mått på hur bra en fråga mäter eller beskriver det som faktiskt ämnas att mätas eller beskrivas. Att få ett mått på hur passande frågorna är för frågeställningarna kan vara svårt, men ett försök till att öka validiteten kan vara att förklara för till exempel en kollega eller vän vad man försöker mäta och sedan presentera de framtagna frågorna, menar Bell (2000). Kollegorna eller vännerna får sedan avgöra hur väl de tycker frågorna passar.

Ett annat centralt begrepp inom undersökningsmetodik är *reliabilitet*, som är ett mått på hur pålitliga mätningarna som utförs faktiskt är (Halvorsen, 1992). Ett instrument eller tillvägagångssätt som används vid undersökningen ska ge exakt samma svar vid olika tillfällen, så länge förutsättningarna är de samma (Bell, 2000). Patel och Davidson (2003) menar att en undersökningsmetod måste kunna motstå slumpinflytanden och beskriver olika sätt att motverka dessa inflytanden. Ett sätt är att göra inspelningar i form av ljud eller bild vid intervjuer och lyssna på dessa inspelningar flertalet gånger för att försäkra sig om att allt har uppfattats korrekt. Dessutom ska helst den som undersöker vara tränad i både observation och intervjuteknik. *Intervjuareffekt* är ett begrepp som Patel och Davidson (2003) tar upp och begreppet är främst aktuellt vid en kvantitativ intervju. Den som intervjuar kan genom sitt uppträdande, även om det egentligen inte är menat så från intervjuarens håll, få de som intervjuas att förstå vilka svar som förväntas bli sagda och på så vis kommer inte de "sanna" svaren fram. Skulle detta ske har intervjun alltså kantats av en intervjuareffekt.

2.2.1 Kvalitativa metoders reliabilitet och validitet

Vid kvalitativa undersökningsmetoder kan reliabilitet och validitet ha andra definitioner än de som presenterats ovan. Svensson och Starrin (1996) menar att reliabiliteten i en kvalitativ undersökning kan vara hög, även om svaren från samma person på samma fråga vid två olika tillfällen kan vara helt olika. Personen i intervjun kan till exempel vara på olika humör vid de olika intervjutillfällena. Patel och Davidson (2003) klargör att det viktigaste när det gäller reliabilitet i kvalitativa metoder är att fånga det unika för situationen och att variation inte är något som innebär fel i metodiken. Svensson och Starrin (1996) anser att reliabilitet alltså är nära kopplat med validitet och ofta talas det bara om det sistnämnda inom kvalitativa studier.

Triangulering är ett verktyg som används för att öka en undersöknings validitet. Begreppet innebär att flera olika metoder, exempelvis intervjuer, observationer, dokument, dagböcker etc., används för att på så vis minska inverkan av felkällor i undersökningen (Svensson & Starrin, 1996). En intervju kan peka på en sak medan en observation kan peka på det motsatta och en triangulering kan i detta fall ge en ”rikare tolkning”, menar Patel och Davidson (2003). Vidare förklarar författarna att triangulering här även inkluderar metoden att använda sig av flera olika datakällor, till exempel olika platser eller personer.

Ett annat sätt att öka validiteten, enligt Svensson och Starrin (1996), är att använda sig av feedback från de intervjuade. Denna metod innebär att forskaren återkommer en stund efter en intervju och presenterar de tolkningar och slutsatser som dragits utifrån vad som sagts. Den intervjuade kan sedan ge feedback på huruvida denna har blivit korrekt tolkad.

2.3 Förhållande mellan teori och praktik

När en undersökning genomförs eftersträvas att de teorier som tas fram ska vara riktiga och så verklighetstroga som möjligt, enligt Patel och Davidson (2003). Vidare förklaras att för att kunna basera dessa teorier på något krävs insamling av information och data, även kallat empiri, och kopplingen mellan detta och teori kan ske på olika sätt.

Ett sätt att utveckla teorier är att använda sig av deduktiv teoribildning. Här deducerar, alltså härleder, forskaren ett antal hypoteser med utgångspunkt från vad som redan är känt inom området och utför sedan en empirisk studie (Bryman, 2002). Sedan återstår att dra slutsatsen att teorin antingen verkar stämma eller inte stämma. Patel & Davidson (2003) menar på att objektiviteten är förhållandevis stark med denna metod eftersom basen för undersökningen utgörs av tidigare kända teorier och inte på vad forskaren tror eller tycker. Vidare förklaras att risken finns att den underliggande teorin däremot kan påverka den som utför undersökningen åt fel riktning och inte åt det håll där nya upptäckter kan göras.

Det går även att därefter utföra en så kallad induktion. Då dras istället generella slutsatser utifrån insamlad empiri från en undersökning (Bryman, 2002). Här förankrar

man inte undersökningen i någon teori innan den utförs, vilket kan leda till en risk för subjektivitet. Eftersom forskaren inte har någon bas av teorier att stå på, kan istället dennes idéer och tankar komma att påverka slutsatserna som dras, menar Patel och Davidson (2003).

Ett tredje sätt att koppla samman teori och praktik är abduktion och kan ses som en kombination av de två andra sätten som presenterats ovan. Patel & Davidson (2003) förklarar att denna metod går ut på att föreslå hypoteser som kan förklara utfallet av en tidigare fallstudie. Därefter prövas dessa hypoteser på en annan fallstudie för att på så vis kunna göra hypoteserna mer generella. Forskningen utförs alltså först induktivt och sedan deduktivt.

2.4 Fallstudien

Patel och Davidson (2003) beskriver en fallstudie som en undersökning av en mindre avgränsad grupp, till exempel en organisation. Dock påstås även att det går att undersöka fler än ett fall, alltså till exempel två stycken organisationer. Bell (2000) menar att fallstudier görs genom en djupdykning inom ett avgränsat ämne under en avgränsad tid och att detta passar bra för en person som jobbar på egen hand. Vidare förklarar Bell (2000) att en fallstudie har sin fördel i att denna djupdykning underlättar upptäckandet av de viktiga påverkande faktorerna inom ämnet. En jämförelse kan göras med till exempel en surveyundersökning där viktiga parametrar kanske aldrig upptäcks.

Det är vanligt förekommande att det i en fallstudie samlas in information på flera olika sätt för att få en helhetssyn av den avgränsade gruppen. Exempelvis kan intervjuer, enkäter och observationer kombineras (Patel & Davidson, 2003). Även Bell (2000) intygar detta påstående och skriver att information kan samlas in på det sätt som forskaren själv anses passa frågeställningarna.

Det är diskutabelt huruvida resultat från fallstudier kan generaliseras. Enligt Patel och Davidson (2003) kan resultatet från en fallstudie på ett sätt inte ses som generell. Bland annat pekas det på att forskaren gör ett urval vid insamlandet av information och att det kan vara svårt att kontrollera denna information från källor som är oberoende. Vidare förklaras dock att graden av generalisering beror på hur väl det valda fallet liknar andra fall och situationer. Bell (2000) är inne på samma spår och förklarar att generaliserbarheten måste diskuteras beroende på hur valet av fall gjorts. Väljs ett antal fall ur en särskild population av fall kan generaliseringen sedan diskuteras för denna population. Ett annat tillvägagångssätt är att välja fall som är väldigt olika varandra gällande relevanta aspekter.

2.4.1 Det valda fallet

Studien är utförd som en fallstudie gjord på ett av entreprenadföretaget NCC:s byggprojekt. Bygget innefattar egentligen två stycken olika projekt där det ena projektet

ska bli bostäder och det andra en förskola. Sammanlagt ligger de två projekten på cirka 300 miljoner kronor och eftersom de båda byggs inom samma staket kan de därför ses som en gemensam arbetsplats.

2.4.2 NCC

NCC bedriver till största del sin verksamhet i norden där de är ett av de ledande företagen inom bygg och fastighetsutveckling. År 2016 hade NCC cirka 17 000 stycken anställda inom koncernen. Företaget driver affärer inom de fyra olika områdena industri (stenmaterial och asfaltsproduktion), bygg, anläggning samt projektutveckling av fastigheter (NCC, 2018a). År 1988 grundades Nordic construction company (NCC) genom en fusion av två företag och har efter dess färdigställt bland annat projekt som Globen och Kista Science Tower (NCC, 2018b).

2.4.3 Studiens metoder

Studien är gjord som en fallstudie och både teori och empiri har samlats in. Både kvalitativa och kvantitativa metoder har använts och intervjuerna kan ses som deduktiva eftersom intervjufrågorna baserades på den insamlade informationen från litteraturstudien.

En litteraturstudie har gjorts där relevant teori och fakta samt resultat från flertalet studier har sammanställts. Här har information hämtats från böcker, vetenskapliga artiklar, hemsidor och andra studier utförda av bland annat Ingenjörsvetenskapsakademin, Sveriges Byggindustrier och Naturvårdsverket. Denna information har sedan legat till grund för de kvalitativa intervjuer som sedan gjorts.

Observationer har även gjorts. Under fem olika dagar inom loppet av tre veckor har en av NCC:s byggarbetsplatser använts för observation och tidmätningar. Vid dessa tillfällen noterades vilka arbetsfordon som fanns på plats samtidigt som tidmätningar gjordes gällande hur stor andel av tiden fordonet

- Gick på tomgång
- Förflyttade sig horisontellt
- Utförde stillastående arbete
- Var avstängt

Viktigt att poängtera är att mätningarna gjordes under månaderna februari och mars då det var väldigt kallt ute och temperaturer under noll grader förekom. Varje fordon tidmättes var för sig under ca en timme, vare sig fordonet användes hela tiden eller var helt eller delvis avstängt under mättillfället. Observationerna gjordes även som ett försök till att notera eventuella beteenden som kunde vara av intresse för studien.

Totalt gjordes även åtta stycken längre intervjuer. I tabell 1 nedan presenteras vilket typ av företag som intervjuades samt de intervjuades funktion på företaget. Först intervjuades personal på NCC i syftet att få en förståelse för vilka krav på underentreprenörerna som kan ställas när det kommer till minskad klimatpåverkan från

arbetsfordon. Även intervjuer med det valda fallets underentreprenörer har gjorts i syftet att förstå hur vilka krav de kan uppfylla. Ett undantag är intervjun med betongpumpsföraren. Denna intervju var inte planerad innan att genomföras och därför hade inga frågor tagits fram på förhand. Istället skedde intervjun ostrukturerat och spontant medan tidmätningar av betongpumpen genomfördes. Det ska också nämnas att fallstudiens hjullastarentreprenad, teleskoptruckentreprenad och grävmaskinsentreprenad var ett litet företag och företagsägarna var även förare. Innan de längre intervjuerna gjordes, förutom intervjun med betongpumpsföraren, togs frågor fram. Personalen på NCC fick såklart inte samma frågor som underentreprenörerna.

Tabell 1. Beskrivning av de intervjuades befattning och företagets verksamhetsområde.

Typ av företag	Företagsfunktion
NCC	Miljöspecialist
Betong- och pumpleverantör	Förare betongpumpsbil
Underentreprenör grävmaskiner	Företagsägare och grävmaskinist
Underentreprenör mobilkranar	Administratör
Betong- och pumpleverantör	Transportchef
Uthyrning av anläggningsmaskiner etc.	Koordinator hälsa, säkerhet, miljö, kvalité
Underentreprenör hjullastare	Företagsägare och förare
Underentreprenör teleskoptruck	Företagsägare och förare

Intervjuer gjordes även med de åtta stycken förare som fanns på byggarbetsplatsen. Dessa intervjuer var betydligt kortare än de med administrativa roller som nämns ovan. Vid intervjuerna med förarna efterfrågades endast vilken bränsleförbrukning maskinerna hade samt om de ansåg att fordonen kördes mycket på tomgång.

3 Litteraturstudie

3.1 Byggbranschens klimatpåverkan

Boverket (2017) rapporterar att utsläppen från bygg- och fastighetssektorn år 2014 stod för nästan en femtedel av Sveriges växthusgasutsläpp. Westlund m fl. (2014) skriver att byggindustrin år 2012 stod för 10 miljoner koldioxidekvivalenter i utsläpp, vilket är lika stor klimatpåverkan som alla Sveriges bilar medförde samma år. Westlund m fl. (2014) menade även att 40 % av byggindustrins klimatpåverkan kom år 2012 från husbyggnadsprojekt.

Om det ses till de totala utsläppen i hela världen rapporterar The Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC, (2014a) att energianvändningen i byggnader år 2010 stod för nästan en femtedel av alla växthusgasutsläpp. I takt med en ökande population och välstånd i världen samt andra faktorer antas energikonsumtionen öka och därmed även utsläppen. Tack vare ny teknik och kunskap inom byggbranschen föreslås lågenergihus som en av nycklarna till minskade utsläpp. IPCC har i sina rapporter inte behandlat växthusgasutsläpp från byggproduktionen, men har däremot analyserat utsläppen från tillverkningsindustrier. Bland annat rapporteras att cementindustrier år 2010 stod för 13 % av industriernas växthusgasutsläpp. Innovation och återanvändning av material förespråkas exempelvis för att minska utsläppen från materialproduktionen i världen. EU-Kommissionen rapporterar att 50 % av allt utvunnet material inom EU används till konstruktion och renovering av byggnader. Vidare påpekas även att hanteringen av avfall och vattenkonsumtionen är stor inom branschen, men att en resurseffektivisering och bättre projektplanering skulle kunna minska byggsektorns miljöpåverkan.

3.1.1 Definition av klimatpåverkan

För att tydliggöra mål och avgränsningar av studien måste begreppet klimatpåverkan definieras och förklaras. Ett försök till att översätta IPCCs definition av begreppet *klimatförändring* är ”en förändring av klimatets tillstånd som kan identifieras (t.ex genom statistiska tester) av förändringar i medelvärdet och/eller variationen av klimatets egenskaper, vilken kvarstår under en längre tid, det vill säga decennier eller mer” (IPCC, 2007). Med andra ord måste en förändring i klimatet skett vid jämförelse mellan två olika årtal med flertalet decennier mellan tidpunkterna för mätningarna. Denna förändring över tid kan vara till följd av naturliga variationer eller antropogena aktiviteter. Vidare menar IPCC (2012) att klimatets tillstånd kan fastställas framför allt

genom statistiska mätningar av temperatur, nederbörd och vind. Klimatet kan även ses som ett mycket komplext system, där bland annat hav, landyta och atmosfären utgör viktiga komponenter som interagerar med varandra. Detta system kan påverkas av inre faktorer, men även yttre, som exempelvis människans förändring av atmosfärens komposition eller landytans användning (IPCC, 2012). Nationalencyklopedin (2018g) delar definitionerna av klimat samt klimatiskt system enligt ovan och pekar på det viktiga med landytans egenskaper, då till exempel snö reflekterar solens strålar betydligt effektivare än skog.

Med detta sagt är det svårt att ge en exakt definition av begreppet klimatpåverkan, eftersom begreppet klimat är så brett och det finns risk för otydligheter gällande vad som påverkas. I denna studie bestäms klimatpåverkan innebära hur stor mängd koldioxidekvivalenter som släpps ut till atmosfären. Eftersom studien framför allt behandlar utsläpp av växthusgaser som sedan hamnar i atmosfären, antas främst denna del av det klimatiska systemet påverkas.

Klimat och klimatpåverkan är två begrepp som inte ska förväxlas med uttryck som kretsar kring begreppen *miljö* och *miljöpåverkan*, men det finns dock en koppling. Klimatpåverkan, genom utsläpp av växthusgaser, är en typ av miljöförstöring och miljöpåverkan (Nationalencyklopedin, 2018h). Miljöpåverkan kan däremot även ske på andra sätt, exempelvis genom försurning eller övergödning av sjöar, skogsskövling eller utsläpp av kemikalier (Nationalencyklopedin, 2018h). Boverket förklarar i ett dokument från 2009 att bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan kan ske genom utsläpp av växthusgaser, men även genom till exempel utsläpp av svaveldioxid och NO_x-gaser (gaser som ej ses som växthusgaser, se avsnitt 3.2.1), fosfor och kväve till vatten, cancerogena ämnen eller trafikbuller. Med andra ord är uttrycket miljöpåverkan betydligt mycket bredare än klimatpåverkan och denna studie behandlar alltså endast en viss del av arbetsfordonens miljöpåverkan.

3.1.2 Klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv

Vid beräkning av en byggnads klimatpåverkan kan en livscykelanalys (LCA) utföras. Standarden som brukar användas kallas EN 15978 (Liljenström & Malmqvist, 2015), där livscykel delas in i olika moment, se Figur 2 nedan. Begreppet byggprocessen och byggproduktion definieras i denna studie alltså enligt bilden, med byggprocessen inkluderande moment A1-A5 och byggproduktion som delmomentet A5.

Livscykelinformation byggnad											Övrig information					
Byggprocessen (byggandet)					B 1-7 Driftskede						C 1-4 Slutskede			D Övrig miljöinfo		
A 1-3 Produktskede			A 4-5 Byggskede													
A1 - Råmaterial	A2 - Transport	A3 - Tillverkning	A4 - Transport	A5 - Byggproduktion	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Reparation	B4 - Utbyte	B5 - Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 - Rivning	C2 - Transport	C3 - Avfallshantering	C4 - Sluthantering	Potential för återanvändning och material- och energiåtervinning

Figur 2. Indelning av LCA i olika moment enligt standard EN 15978. Källa: Liljeström & Malmqvist (2015).

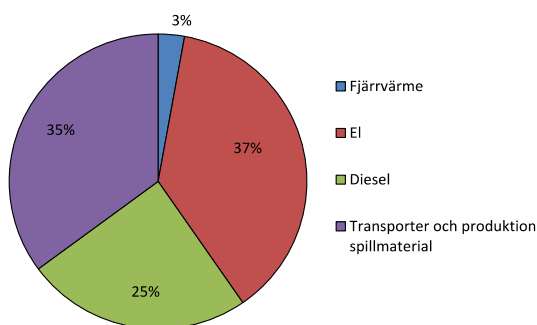
Det har innan funnits en syn på en byggnads livscykelerspektiv där 85 % av klimatpåverkan har antagits uppstå under brukarskedet och 15 % under själva produktionen (Adalberth, 1999). Liljeström och Malmqvist (2015) nämner också detta, men menar att detta har varit fallet under en tidigare period, då minskningen av energi under brukarskedet varit i fokus. Men i och med att byggnader blivit energisnålare och energieffektivare samt att materialanvändningen i byggprocessen har ökat är idag klimatpåverkan under byggprocessen mycket viktigare än den varit innan, pekar författarna på. Liljeström och Malmqvist (2015) utförde en studie där klimatpåverkan från byggprocessen visade sig kunna stå för 50 % av den totala. Boverket (2017) bekräftar det som nämns ovan genom att förklara att utsläppen till följd av uppvärmningen av byggnader har minskat markant under de senaste åren. År 1993 stod uppvärmning för 70 % av bygg- och fastighetssektorns utsläpp, medan siffran år 2014 var 40 %. En rad olika undersökningar har gjorts för att ta reda på hur man kan minska klimatpåverkan i byggprocessen. Studier visar att detta kan göras bland annat genom val av stomme (Cole, 1998), prefabricering (Mao, et al., 2012) eller förbättrad platsledning (Tang, et al., 2013). Westlund et al., (2014) beskriver det som att branschen är dåligt upplyst när det kommer till klimatpåverkan i byggprocessen och menar att mer kunskap och insikt måste spridas. Westlund et al., (2014) rekommenderar att dialoger görs i större utsträckning mellan byggsektorns aktörer och politiker och föreslår att myndigheter tar fram upphandlingsmodeller i samarbete med branschens aktörer. Kellner (2017) påpekar även att Boverket än idag inte ställer några krav på hur byggnaden framställs, utan endast krav på brukarskedet finns. Boverket har själva insett detta och har börjat utreda möjligheterna till att sätta krav på livscykelanalyser vid nybyggnationer (Boverket, 2015).

Kellner (2017) förklarar i sin bok det viktiga i att ställa krav vid upphandling. Här tas upp att kommuner borde ge konkurrensfördelar till de entreprenörer och byggherrar som tänker klimatsmart vid upphandlingar samt se till att hänsyn tas till klimatpåverkan i byggprocessen och inte bara i driftskedet. Vidare påpekas att

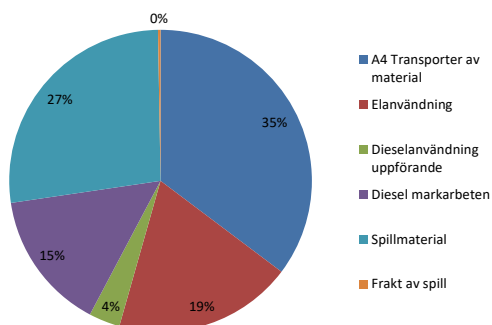
byggentreprenörer bland annat bör ställa krav på sina konsulter och underentreprenörer gällande hållbarhet i upphandling, utföra klimatsmarta inköp av material och produkter samt se till att byggnader klimatdeklarerar även under byggprocessen.

3.1.3 Byggproduktionens påverkan

Byggproduktionen i sig har visat sig vara en ganska liten del av klimatpåverkan under själva byggprocessen. Min-Seop et al., (2016) utförde en studie i Sydkorea som visade på att byggproduktionen kunde svara för 4,2 % av byggprocessens klimatpåverkan. Liljeström och Malmqvist (2015) visade att siffran istället kunde vara 13 % medan produktionen av byggmaterialen motsvarade 84 % av byggprocessens klimatpåverkan. Detta gällde för en byggnad med betongstomme och beräkningarna inkluderade inte utsläppen från markarbetena. Ett hus med massiv trästomme har istället visat sig utgöra 8 % av byggprocessens utsläpp från byggproduktionen, medan materialproduktionen stod för 78 % (Larsson, et al., 2016). Nedan kan källorna till klimatpåverkan i byggproduktionen mellan de två projekten jämföras i Figur 3 och 4. Bland annat ses dieselanvändningens utsläpp vara mindre för massivträprojektet, trots att projektets utsläpp från markarbeten här är inräknade. Vidare utförde Hong m fl. (2014) en studie i Kina gällande byggprocessens klimatpåverkan. Undersökningen visade att växthusgasutsläpp till följd av arbeten som utfördes på plats (direkta utsläpp) endast stod för 2,4 % av byggprocessens totala växthusgasutsläpp. Dessutom stod elkonsumtionen för nästan fyra femtedelar av de direkta utsläppen, medan maskiner och fordon knapp stod för 14 %. Istället ansvarade de indirekta utsläppen för störst klimatpåverkan, där materialproduktionen stod för hela 95 % av byggprocessens totala växthusgasutsläpp.



Figur 3. Klimatpåverkan från byggprocessen (A5) i en byggnad med betongstomme (exkl. markarbeten). Källa: (Liljenström & Malmqvist, 2015)



Figur 4. Klimatpåverkan från byggprocessen (A5) i en byggnad med trästomme. Källa: (Larsson, et al., 2016)

Utsläppen på en byggarbetsplats uppstår främst vid markarbeten, rörläggning, betongarbeten (Min-Seop, et al., 2016) och borring (Hong, et al., 2014). I Sverige har utsläppen från arbetsfordon ökat sedan år 1990 med 35 % enligt Naturvårdsverket (2017). Arbetsmaskinernas utsläpp inom industri, bygg och anläggning utgör cirka 40 % av Sveriges maskinernas totala utsläpp, vilket kan jämföras med jordbruk och skogsbruk som står för 17 % (Naturvårdsverket, 2017). Framför allt är det på grund av att inom

industri, bygg och anläggning använder sig av stora arbetsfordon, som till exempel hjullastare, truckar och grävmaskiner. Dessa maskiner har hög motoreffekt, vilket leder till stora utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid, menar Naturvårdsverket (2017). För att minska utsläppen på en byggarbetsplats kan exempelvis mass- och materialförflyttningar försöka optimeras, samtidigt som maskiner och fordon kan drivas med förnyelsebara bränslen (Kellner, 2017). Westlund m fl. (2014) föreslår att bensin- och dieseldrivna maskiner ska bytas ut mot eldrivna maskiner.

3.2 Den globala uppvärmningen

Den globala uppvärmningen sker idag till följd av den förstärkta växthuseffekten (Naturskyddsföreningen, 2017). Den förstärkta växthuseffekten uppstår i sin tur på grund av ökad mängd växthusgaser, som till exempel metan, lustgas och framför allt koldioxid, i atmosfären. Den globala uppvärmningen bidrar till att polarisar smälter, vilket på skyndar uppvärmningen ännu mer då mindre reflektion av solstrålarna sker mot is och snö och istället absorberas av det mörka havet (Kellner, 2017). Dessutom frigörs allt mer metangas, en växthusgas med mycket större inverkan på klimatet än koldioxid, i takt med att isarna i Sibirien smälter, menar Kellner (2017). En mycket viktig fråga ur social- och säkerhetssynpunkt är den ökande utbredningen av öknar som kommer att tvinga människor i bland annat Afrika på flykt till Europa (Kellner, 2017).

IPCC (2014b) förklarar att den globala uppvärmningen även kommer påverka byggbranschen. Eftersom den ökade växthuseffekten medför extremare väder riskerar byggmaterial och konstruktioner, så som fönsterkonstruktioner eller takkonstruktioner, som använts innan att inte hålla för de nya förhållandena. Vidare förklaras att ökade temperaturer och regnmassor tros även medföra högre krav på ventilationssystem i till exempel sjukhus och skolor. Det extremare vädret spås även orsaka förseningar av byggnationer och därmed även öka kostnaderna (IPCC, 2014b). Dessutom riskerar hälsoriskerna inom byggsektorn att öka. Många i branschen arbetar utomhus och skulle temperaturen stiga ytterligare skulle risken för värmeslag också öka (IPCC, 2014b).

Ett gemensamt mål finns inom EU att man år 2030 ska ha minskat utsläppen av växthusgaser med 20 % jämfört med utsläppen år 1990 (Kellner, 2017). Detta har Sverige satt som mål redan till år 2020 och man siktar även på att nettoutsläppen ska vara noll år 2050 (Regeringen, 2017).

3.2.1 Växthusgaser

Olika växthusgaser har olika stor påverkan på klimatet och därför används begreppet koldioxidekvivalenter ofta. Det är ett mått på hur stor mängd koldioxid som skulle motsvara samma klimatpåverkan (Naturskyddsföreningen, 2017). Metangas- och lustgasmolekyler har många gånger större påverkan på klimatet än koldioxidmolekyler. Dock

är koldioxid idag den viktigaste växthusgasen eftersom utsläppen sker i så pass stora mängder (Naturskyddsföreningen, 2017).

3.2.1.1 *Koldioxid*

Koldioxid produceras vid förbränning av ved, kol och petroleum (i luft), men även tack vare metabolismen i vår kropp (Nationalencyklopedin, 2018(b)). Även jordbruk och skövling av skogen är bidragsfaktorer till den växande koldioxidhalten i atmosfären (WWF, 2017a). Koldioxid tas även upp, mestadels av växterna men också av haven och man tror att dessa två lyckas ta upp 50 % av det kol som släpps ut i atmosfären (Nationalencyklopedin, 2018(b)). Den relativa koldioxidhalten ökar årligen med cirka 0,5 % (Nationalencyklopedin, 2018(b)) och man tror att gasen står för 60 % av den ökande växthuseffekten (WWF, 2017a).

3.2.1.2 *Lustgas*

Tack vare människan sker utsläpp av lustgas (N_2O) ut vid användandet av gödsel samt de flesta förbränningsprocesser och kallas även för dikväveoxid (Nationalencyklopedin, 2018d). Även i naturliga utsläpp i sumpmarker och skogsjordar förekommer lustgas (Naturvårdsverket, 2018). Bland alla växthusgaserna utgör dikväveoxid endast 5 % (Nationalencyklopedin, 2018d), men gasen hör ändå till de viktigare eftersom den har en 298 gånger så kraftig klimatpåverkan som koldioxid (Naturskyddsföreningen, 2017).

3.2.1.3 *Metangas*

Metangas (CH_4) är en färg- och luktlös gas som produceras bland annat vid anaerob nedbrytning av växter, vilket kan ske naturligt i sumpmarker och skogsjordar (Nationalencyklopedin, 2018c). Människans produktion av metangas sker framför allt i risodlingar, soptippar, boskap samt genom läckage vid tillverkning av naturgas där metan utgör huvudingrediensen (Naturvårdsverket, 2018). Metan tros idag stå för cirka 30 % av den ökade växthuseffekten (WWF, 2017a; WWF, 2017b). I takt med att permafrost kring Arktis isar och den arktiska tundran smälter på grund av den globala uppvärmningen frigörs stora mängder metangas som tidigare har legat bunden i marken och på havsbotten (Nationalencyklopedin, 2018(a)). Det bör nämnas att metangas är en mycket starkare växthusgas än koldioxid, närmare 34 gånger kraftigare (Naturskyddsföreningen, 2017).

3.2.1.4 *Ozon*

Ozon finns främst i stratosfären, där den skyddar mot solen skadliga ultravioletta strålning (Nationalencyklopedin, 2018f). Dessvärre kan ozon även absorbera infrarött ljus som försöker lämna jorden, vilket bidrar till växthuseffekten (Nationalencyklopedin, 2018f).

3.2.1.5 *Vattenånga*

Vattenångan är den kraftfullaste växthusgasen, men tillskotten i atmosfären kommer mestadels från naturliga källor (Nationalencyklopedin, 2018e). Dock bör det beaktas att

i takt med att jordens värms upp mer kan även mer vatten lösas i luften, vilket medger ökad växthuseffekt. På så vis skapas en ond cirkel(Nationalencyklopedin, 2018e).

3.2.1.6 Klorfluorkol

Detta är en grupp ämnen som även kallas freoner eller CFC och är mest kända för att under 1980-talet ha upptäckts bryta ner ozonlagret (Naturvårdsverket, 2018). Denna nedbrytning utgör på ett sätt något bra eftersom växthuseffekten från ozon minskar, men dessvärre är växthusverkan från freonerna betydligt större än denna minskning (Naturvårdsverket, 2018). Vissa freoner har visat sig ha 7350 gånger kraftfullare klimatpåverkan än koldioxid (Naturskyddsföreningen, 2017).

3.2.1.7 Aerosoler

Vid förbränning av fossila bränslen kan sulfatpartiklar bildas och släppas ut och bidrar då oftast till att minska växthuseffekten. Dessa partiklar reflekterar solljus direkt, men kan även göra regnmolnen ”vitare” vilket medför en större del reflektion av solljuset (Nationalencyklopedin, 2018e).

3.3 Drivmedel

Som entreprenör går det att inom byggbranschen påverka klimatutsläppen på byggarbetsplatsen på flera sätt. Detta kan göras genom att se till, att maskiner och transporter på plats drivs med förnybara bränslen (Kellner, 2017). Idag finns alternativ till de fossila bränslena som används i många maskiner och fordon (Energirådgivningen, 2016). Genom att samla in data från drivmedelsleverantörer har Energimyndigheten tagit fram ungefärliga utsläpp av olika drivmedel från år 2016 (Energimyndigheten, 2017a). Utsläppen som redovisas i tabell 2 ser till klimatpåverkan från drivmedlets hela livscykelperspektiv.

Tabell 2. Olika drivmedels växthusgasers utsläpp per utvunnen energi Källa: Energimyndigheten (2017a).

Drivmedel	Växtgasutsläpp (g CO ₂ -ekv/MJ)	Växtgasutsläpp (g CO ₂ -ekv/L)	Energiinnehåll (MJ/L)
Bensin MK1	91,3	2 890	32,2
Diesel MK1	80,4	2 853	35,5
FAME	32,3	1 094	33,9
HVO	14	476	34,0
El (nordisk elmix 2014)	13,1		

3.3.1 Biodiesel

Biodiesel ses som ett lovande alternativ till konventionell diesel eftersom det inte är giftigt, utan är biologiskt nedbrytbart och ger minskade mängder utsläpp av emissioner, förklarar Meher m fl. (2004). Enligt samma källa innehåller växtoljor flertalet ingredienser och kan inte användas direkt i en motor. Oljan måste alltså genomgå ett antal processer innan oljan är förvandlad till bränsle (Meher, et al., 2004). Sadeghinezhad m fl. (2013) förklarar att biodiesel kan tillverkas på fyra olika typer av huvudingredienser, nämligen

- **Ätbara oljor:** oljor från raps, sojaböner, jordnötter, solrosor samt kokosolja och palmolja
- **Oätbara oljor:** oljor gjorda på växterna *Jatropha curcas* (purgerbuske), *Calophyllum inophyllum*, *Moringa oleifera* och *Croton megalocarpus*
- **Spillolja**
- **Djurfett:** fett från kyckling och andra fåglar, gris eller nöt

Enligt Edwards m fl. (2014) produceras det mesta biodiesel i Europa med raps som råmaterial. Vidare förklaras att Sydeuropa också använder solrosolja, samtidigt som allt mer sojaböner och palmolja importeras från främst Brasilien, Indonesien och Malaysia.

Yasin m fl. (2017) påpekar i sin artikel att antalet råmaterialkällor är väldigt stor, men att det ändå råder det brist på oljor för tillverkningen av biodiesel. Bränslet blir därför kostsamt att producera, menar Yasin m fl. (2017), samtidigt som de syror som används vid tillverkningsprocessen är dyra att köpa in. Sadeghinezhad m fl. (2017) på att 75 % av tillverkningskostnaden kommer från inköp av olja och fett. I denna artikel tas även problemet upp med att en prisökning av råmaterial till biodiesel håller på att ske till följd av att efterfrågan av spannmål och växter, som används till tillverkning av biodiesel men även som mat och djurfoder, ökar. Sadeghinezhad m fl. (2017) menar att det finns ett socialt dilemma när det kommer till odling av växter för tillverkning av biodiesel. Om mark som från börjar använts för odling av mat istället börjar användas till odlingar av växter för produktion av biodiesel skapas nämligen en brist på mat. Konsekvenserna kan i värsta fall bli hungersnöd i vissa delar av världen menar Sadeghinezhad m fl. (2017). Detta problem måste då tacklas samtidigt som bland annat klimatförändringar påverkar jordbruken.

Studier har även visat på att en inblandning av biodiesel medför ökad bränsleförbrukning. Valent m fl. (2010) fann att bränsleförbrukningen kunde öka med mellan 4.6 till 11.9 %. Mosarof m fl (2016) fann att samma siffra kunde variera mellan 8 till 10 %. Dessutom kan biodiesel orsaka flertalet olika problem för olika delar i motorn, så som igentäppning och slitage av slangar (Yasin, et al., 2017).

Minskade utsläpp är självklart viktigt, men hur väl detta alternativa bränsle faktiskt fungerar på den punkten har visat sig variera. Dock är en övervägande del positiv till att biodiesel minskar de flesta emissioner. Ghazali m fl. (2015) drog slutsatsen att användandet av rent biodiesel minskar utsläppen av både kolväten och kolmonoxid, men även ökar utsläppen av NO_x-gaser. Detta beror på en ökad andel syre i biodiesel och även det högre cetantalet. Cetantal är ett mått på hur lättantändligt ett bränsle är i en motor. Ett lättantändligt bränsle gör att motorn drivs lättare (Svenska Petroleum och

Biodrivmedelinstitutet, 2011). Ghazali m fl. (2015) fann även att om istället biodiesel blandas med konventionell diesel blev resultaten av utsläppen omvända, det vill säga en ökning av kolväten och kolmonoxid samt en minskad andel NO_x-gaser. (Wu, et al., 2008) och (Krahl, et al., 2003) fann att utsläppen av kolväten och kolmonoxid kunde minska och markant vid användandet av biodiesel. Även Lin & Lin (2006) fann att kolmonoxidutsläppen minskade. Vidare visade Wu m fl. (2008) att biodiesel minskade utsläpp av luftburna partiklar, något som Xue m fl. (2011) bekräftar.

När det kommer till koldioxid visade Lin & Lin (2006) att utsläppen vid användandet av biodiesel minskade. Xue m fl. (2011) drog slutsatsen att det råder osäkerheter kring om koldioxidutsläppen vid förbränning minskar vid användandet biodiesel. En viktig punkt som Xue m fl. (2011) tar upp är det faktum att nya växter som odlas för tillverkning av nytt bibränsle binder in koldioxid och på så vis kompenserar för den koldioxid som släpps ut vid förbränningen. Edwards m fl. (2014) påpekar i princip samma sak då det förklaras att vid en livscykelanalys av biobränslen så räknas inte koldioxidutsläppen vid förbränning utav biomassa som faktiska utsläpp. Det förklaras att denna koldioxid ju har tagits upp från atmosfären när växterna odlades. Däremot måste utsläppen till följd av att processerna kring odlingen räknas med. Vidare kan det vara värt att nämna att klimatpåverkan från produktion av konventionell diesel uppgick till endast 15 g CO₂/MJ (Edwards, et al., 2014).

Enligt Energimyndigheten (2016) ska utsläppen vid förbränning jämfört med konventionell diesel minska med 46 % vid användandet av FAME, en vanligt förekommande biodiesel. Dessutom, menar Energimyndigheten (2016), att användandet av HVO, en annan typ av biodiesel, kunna minska utsläppen vid användandet med 81 % i genomsnitt.

3.3.2 FAME

FAME är en typ av biodiesel och kan förekomma i flera olika varianter, där den vanligaste i Sverige tillverkas av rapsolja och kallas RME (Energirådgivningen, 2016). Även talg, matoljeavfall eller sojaböner kan utföra huvudingrediensen (Edwards, et al., 2014). Även Energimyndigheten (2016b) skriver att raps oftast används i FAME i Sverige eftersom drivmedlet då tål lägre temperaturer. Förkortningen FAME står egentligen för "Fatty Acid Methyl Ester" och produceras fram med hjälp av metanol i en transförestring (Edwards, et al., 2014). I processen omvandlas fettsyror i oljan om till estrar som sedan kan användas som bränsle i en dieselmotor. Den kemiska reaktionen katalyseras av så kallade Brownsted-syror (Meher, et al., 2004). Nedan presenteras siffror från en undersökning av klimatpåverkan till följd av produktion och förbränning av FAME gjord av Edwards m fl. (2004).

Tabell 3. Klimatpåverkan under FAMEs livscykel för olika råvaror. Källa: (Edwards, et al., 2014)

Råvara för tillverkning av FAME (och diesel)	Klimatpåverkan (g CO ₂ /MJ)
Palmolja	32 - 62
Talg (animaliskt fett)	27
Använd matolja	17
Rapsolja	37 - 59
Olja från sojaböner	55 - 60
Solrosolja	47
Europeisk diesel	89,2

3.3.3 HVO

Även HVO är en typ av biodiesel och har egentligen samma kemiska uppbyggnad som fossil diesel (Energirådgivningen, 2016). Vid tillverkningen vätebehandlas vegetabiliska oljor, en process som kräver relativt mycket energi, men som samtidigt också producerar en mycket högkvalitativ diesel, menar Edwards m fl. (2014). Denna diesel kan användas ren eller blandad med fossil diesel i vanliga dieselmotorer (Edwards, et al., 2014). Soo-young No (2014) förklarar att ett av de problem gällande HVO som finns är bränslets känslighet för låga temperaturer. HVO har nämligen sin grumlingspunkt mellan temperaturerna -5 till 15 °C. Vid grumlingspunkten börjar paraffinet i bränslet fällas ut och kan täppa igen filter i motorn (Svenska Petroleum och Biodrivmedelinstitutet, 2017). Det finns dock tekniska åtgärder för att motverka denna igentäppning (No, 2014). Vidare presenteras i artikeln av Soo-young No (2014) att HVO annars är ett mycket utmärkt bränsle då det har väldigt lågt innehåll av svavel och dessutom ett högt cetantal och värmevärde, där värmevärde mäter hur högt energiinnehåll bränslet har per viktenhet (J/kg). Att tanka en vanlig dieselmotor med HVO blandat med diesel eller ren HVO går utmärkt, förklarar även No (2014). Svenska Petroleum och biodrivmedelinstitutet (2017) skriver dock på sin hemsida att användandet av 100 % HVO i dieselmotorer idag inte är godkänt enligt standarden och för att en fordonsgaranti vid tankning av 100 % HVO ska gälla måste ett intyg från fordonstillverkaren införskaffas.

Utsläppen vid förbränning är självklart viktigt vid utvärdering av ett bränsle, men det gäller även att se till klimatpåverkan vid produktion av bränslena. Energimyndigheten skriver i en rapport från 2016 att klimatpåverkan från HVO är större om råvaran är en odlad produkt, till exempel raps eller palmolja, jämfört med om råvaran består av restprodukter (Energimyndigheten, 2016b). Utsläppen är enligt denna källa 11 g CO₂/MJ för restprodukter respektive 43 g CO₂/MJ för odlade produkter. Det förklaras i rapporten från Energimyndigheten (2016b) att valet av HVOs råvara är avgörande, då FAME blir mer klimatsmart om odlade råvaror används vid tillverkningen av HVO.

Johnson (2017) har skrivit en artikel om koldioxidutsläppen från produktionen av HVO. Nedan visas tabell med koldioxidutsläpp från produktion av HVO med olika typer av råmaterial. Johnson påpekar att de beräknade utsläppen kan variera kraftigt beroende på vad som inkluderas i beräkningen och hur bränslet är tillverkat. Vid behandling utav palmolja släpps i vissa fall restprodukter ut i naturen där anaeroba nedbrytning sedan medför att mycket metangas släpps ut i atmosfären. Om denna metangas istället samlas in blir klimatpåverkan betydligt mindre. En annan påverkande faktor som Johnson (2017) nämner är markanvändningen, eller iLUC, ”Indirect land-use change”. Det kan nämligen vara så att mark som tidigare använts för odling av mat istället börjar användas för odling av växter för produktion av bränsle. Eftersom efterfrågan av mat fortfarande är densamma, kommer matodling behöva ske på oexploaterad mark, exempelvis skogsmark, vilket leder till ökade utsläpp av koldioxid (EU-kommissionen, 2017). Johnson (2017) använde en siffra på 55 g CO₂/MJ gällande de tillfällen iLUC behövt tas med i beräkningen. Siffran är, enligt Johnson (2017), hämtad från EU-kommissionens förnyelsebara energidirektiv. Om exempelvis skogsmark istället skövlas för att odla växter för produktion av bränsle kallas markanvändningen ”Direct land-use change”, DLUC (Edwards, et al., 2014). En annan påverkande faktor visade sig vara huruvida råmaterialet ansågs vara en överbliven biprodukt eller en faktisk tillgång på marknaden. Länder klassificerar exempelvis spillolja från matlagning som antingen en produkt eller som avfall, vilket påverkar priset på råvaran, menar Johnson (2017).

Tabell 4. Klimatpåverkan under HVOs livscykel för olika råvaror vid två olika beräkningssätt. Källa: (Johnson, 2017).

Råvara för tillverkning av HVO	Klimatpåverkan (g CO ₂ /MJ)	Klimatpåverkan Metaninkapsling + iLUC inräknat (g CO ₂ /MJ)
Palmolja	39,4	81,2
Talg (animaliskt fett)	40,4	-
Använd matolja	20,9	34,6
Rapsolja	47,4	102,4
Olja från sojaböner	40,4	95,4

Nedan presenteras även siffror rörande HVO från studien av Edwards m fl. (2014). En annan metod har här använts där bland annat biprodukterna vid tillverkningen av bränslet räknas som negativ klimatpåverkan. Detta, eftersom när dessa biprodukter sedan används på annat håll ”sparas” utsläpp eftersom produkten inte behöver produceras någon annanstans. Inte heller markanvändningens klimatpåverkan är medräknad, även om det nämns att den är viktig att tänka på. Under bränslets livscykel uppstod dock i princip all klimatpåverkan vid produktionen. Detta beror att utsläpp från

förbränning av biomassa inte räknas som att det ger någon klimatpåverkan, som förklarar tidigare i avsnitt 3.3.1.

Tabell 5. Klimatpåverkan under HVOs livscykel för olika råvaror. Källa: (Edwards, et al., 2014).

Råvara för tillverkning av HVO (samt diesel)	klimatpåverkan (g CO ₂ /MJ)
Palmolja	48 - 52
Talg (animaliskt fett)	24
Använd matolja	7
Rapsolja	37 - 59
Olja från sojabönor	57
Solrosolja	42
Europeisk diesel	89,2

Edwards m fl. (2014) förklarar också vidare att utsläpp av lustgas, N₂O, sker vid odlingen av växterna eftersom gödsling ofta innehåller detta ämne. Lustgasmängderna tros vara relativt små, men eftersom N₂O-gas har så hög koldioxidekvivalents är detta viktigt att beakta.

Vidare måste självklart det beaktas vilken råvara den HVO som säljs i Sverige är producerad av. Preem uppger på företagets hemsida att deras HVO är tillverkad på tallolja och animaliskt avfall (Preem, 2018). De nämner dessutom att HVO inte bör tillverkas av palmolja eftersom det bidrar till skövling av regnskogen och använder därför aldrig denna råvara vid tillverkning av företagets HVO. Circle K förklarar på sin hemsida att deras HVO är tillverkad på en blandning av olika restprodukter och avfall (Circle K, 2018). OKQ8 uppger att företagets HVO är tillverkad mestadels på slakteriavfall och andra restprodukter (OKQ8, 2018).

HVO går att tanka i arbetsfordon som finns på marknaden idag. Enligt Volvos hemsida kan deras hjullastare tankas med 100 % HVO (Volvo, 2018a). Dessutom förklaras i artiklar från både Andersson (2016) och Ekblom (2016) att samtliga av Volvos anläggningsmaskiner kan drivas med 100 % HVO. Även Pon equipment, som är återförsäljare av Caterpillar, säger i ett pressmeddelande att samtliga anläggningsmaskiner från Caterpillar kan drivas av 100 % HVO (Lundberg, 2016).

3.3.4 El

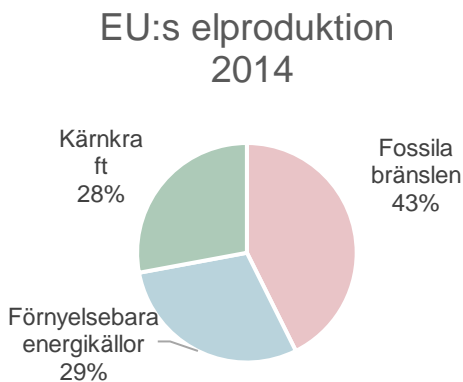
Detta drivmedel ger inte upphov till några utsläpp alls vid förbrukning, utan istället sker all klimatpåverkan vid produktionen (Energirådgivningen, 2016). Förnybara energikällor, så som sol-, vind och vattenkraft är de mest klimatsmarta och som företag går det att välja hur elektriciteten som köps in ska vara producerad (Energirådgivningen,

2016). Edwards m fl. (2014) har sammanställt siffror gällande klimatpåverkan vid produktion av el inom EU, den så kallade EU-mixen, som presenteras nedan.

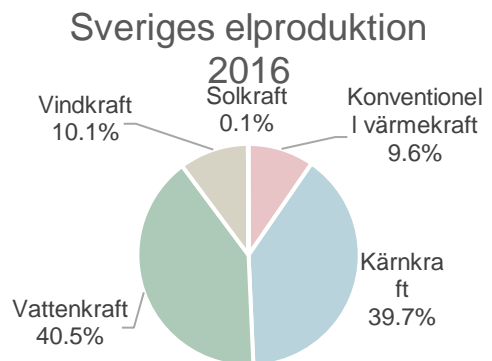
Tabell 6. Klimatpåverkan från produktion av el från olika energikällor. Siffrorna gäller el som produceras för EU-mixen. Källa: (Edwards, et al., 2014).

Energikälla	Klimatpåverkan (g CO ₂ /MJ)
Kol	265 - 290
Naturgas	135 - 145
Flytande naturgas	140
Kärnkraft	5
Energiskog	8 - 14 ¹
Vindkraft	0
Biogas från sopor	15 - 25
EU-mix	135 - 145

EU-mixen består av el från en blandning av olika energikällor. Enligt EEA (2017), europeiska miljöbyrå, kom år 2014 cirka 43 % av elen i EU-mixen från fossila bränslen medan 27,5 % kom från kärnkraft och 29 % från förnyelsebara energikällor, se figur 5. Energiproduktionen i Sverige ser ut på annat vis. Energimyndigheten (2016b) har tagit fram siffror för Sveriges elproduktion som visas nedan i figur 6.



Figur 5. Procentuell fördelning av energikällor för EU:s elproduktion år 2014. Källa: (EEA, 2017).



Figur 6. Procentuell fördelning av energikällor för elproduktion i Sverige. Källa: (Energimyndigheten, 2016b)

Enligt Svensk energi (2015) orsakade Sveriges produktion av el år 2014 drygt 3,61 g CO₂/MJ. Det gäller dock att se till både importen och exporten av el som sker, vilket Energimyndigheten har gjort. Energimyndigheten (2017b) rapporterar att svensk elmix medför 13.1 g CO₂/MJ. Energirådgivningen (2016) rapporterar att den nordiska elmixen år 2014 var 27,8 g CO₂/MJ. Detta kan jämföras med EU:s siffra, som enligt Svensk energi (2015) var 93,6 g CO₂/MJ. Edwards m fl. (2014) har istället beräknat klimatpåverkan från EU:s elmix till mellan 135 och 145 g CO₂/MJ. Svensk energi (2015) förklarar vidare att utsläppen till följd av elproduktion varierar beroende på väderleken, då både vatten- och vindkraft är beroende av detta. Bland annat handlar det om hur mycket tillrinning vattenkraftverken får.

3.4 Krav

EURO-klassificering är en standard gällande utsläpp från motorfordon och är framtagen av den Europeiska kommissionen (ICCT, 2016). Den första standarden, EURO I, kom år 1992 och har sedan uppdaterats med åren fram till den senaste, EURO VI, som blev färdigställd år 2015 (ICCT, 2016). Dock ställer standarden främst krav på utsläpp som förorsakar luftföroreningar som påverkar hälsa och miljö, framför allt kväveoxider (NO_x), och ställer inga utsläppskrav gällande växthusgaser (ICCT, 2016).

Faktum är att EU idag inte har några krav när det kommer till tunga fordon, vilket inkluderar lastbilar, arbetsfordon etc, (ICCT, 2018). Länder som USA, Kanada, Kina, Japan och Indien har däremot redan infört standarder när det kommer till koldioxidutsläpp från tunga fordon (ICCT, 2018).

3.5 Arbetsfordonens egenskaper och användning

Vilken typ av maskin som används har naturligtvis en stor påverkan på hur stora utsläppen blir. Störst mängd koldioxidutsläpp per maskin är de största fordonen, som dessutom har hög belastningsgrad och hög årsdrift (Wetterberg, et al., 2007). Flodström m fl. (2004) menar att hjullastare inom entreprenadbranschen kan stå för 11,4 % av koldioxidutsläppen från arbetsfordon i Sverige. Hjullastare utgjorde år 2006 endast 3,3 % av Sveriges totala mängd arbetsfordon men stod samtidigt för mer än 31 % av koldioxidutsläppen från denna grupp. Detta visar en undersökning från 2007 presenterad av Wetterberg m fl. Vidare förklarade samma undersökning att bandgrävare och mobilkranar utgjorde 8,6 % respektive 1,7 % av Sveriges totala antal arbetsfordon samtidigt som de stod för 16 % respektive 5,8 % av koldioxidutsläppen inom denna typ av fordon. Minigrävare och kompaktlastare, som ses som mindre arbetsfordon stod inte ens för 1 % av koldioxidutsläppen, enligt samma utredning från Wetterberg m fl. (2007).

Wetterberg m fl. (2007) presenterar flertalet sätt att minska emissionerna från maskiner och fordon. Bland annat nämns

- Alternativa drivmedel
- Motorutveckling
- Efterbehandlingsutrustning
- Nya lagkrav
- Ökad utbytestakt av maskiner (dvs aktiv skrotning av maskiner)
- Sparsam körning

Liljenström och Malmqvist (2015) pekar på att byte till energisnålare maskiner skulle ge mindre utsläpp av växthusgaser på byggarbetsplatsen. Wetterberg m fl. (2007) förklarar att energieffektiviseringen i dieselmotorer förbättrades under åren 1950 till 1990 tack vare bland annat nyare motorteknik. Efter år 1990 har energieffektiviteten inte optimerats nämnbart, menar Wetterberg m fl. (2007), och skriver att fokus har istället satts på att minska emissionerna för att kunna klarar avgaskraven. Studien av Lindgren m fl. (2002) menade att minskad bränsleåtgång och emissionsutsläpp kunde uppnås om justeringar gjordes av arbetsfordonets motor. Bland annat visade studien att införandet av steglös växellåda transmission en markant skillnad, något som bland annat tillverkaren Caterpillar påstår använda sig av i sina hjullastare (Cat, 2018). Lindgren m fl. (2002) menade att föraren ibland använder fel växel, vilket gör att motorn inte arbetar på ett optimalt varvtal och därför släpper ut onödigt mycket växthusgaser. En steglös växellåda skulle lösa detta problem

Lindgren m fl. (2002) undersökte också i deras studie hur arbetsfordonens belastningsgrad och utsläpp förhåller sig. Resultatet jämfördes sedan med ISO 8178, en standardiserad testcykel av utsläpp där arbetsfordonets antas köra en viss procent av sin livstid vid olika belastningsgrader. Exempelvis antogs en arbetsmaskin användas till maxeffekt under 15 % av sin använda tid. Lindgren m fl. (2002) visade på att fördelningen av belastningsgraden i standarden ISO 8178 inte alls stämde överens med fördelningen från undersökningens resultat. Emissionsutsläppen varierade kraftigt beroende på vilka arbetsmoment som fordonet utförde. Lindgren et al. (2002) föreslår istället att utsläppsberäkningar för ett arbetsfordon borde göras enskilt för varje arbetsmoment som fordonet faktiskt tänkt utföra i kombination med bränsleförbrukningen. Det ska dock nämnas att standarden ISO 8178 idag finns i en ny version, uppdaterad 2017 (ISO, 2017). Slutligen visade studien på att transienta belastningar, som är väldigt vanligt för exempelvis hjullastare och grävare, medförde en betydligt större utsläpp av emissioner jämfört med statiska belastningar.

En annan studie gjord på grävmaskiner visade att både bensinförbrukningen och koldioxidutsläpp per tidsenhet vid grävning var i princip den samma som när maskinen färdades horisontellt över markytan (Abolhasani, et al., 2008). Dock uppstod större delen av både koldioxidutsläppen och bränsleförbrukningen vid grävning. Mellan 60 och 80 % av koldioxidutsläppen skedde vid denna arbetsoperation. Studien av Abolhasani m fl. (2008) fann även att både utsläpp och bränsleförbrukning varierade kraftigt under mättiden och det påpekas att denna variation måste tas i beaktning vid mätningar av maskiner. Det ska även nämnas att tomgångskörning stod för en mycket liten del av både

koldioxidutsläpp (5 - 10 %) och bränsleförbrukning (5 - 20 %). Detta kan jämföras med att maskinerna uppmättes gå på tomgång cirka 25 till 60 % av tiden.

Det har visat sig att ju äldre ett arbetsfordon inom bygg- och anläggningsindustrin är desto mindre årsdriftstimmar har den och att detta samband dessutom är linjärt (Wetterberg, 2002). Med andra ord, i takt med att fordonet blir äldre används det mindre. År 2006 var nästan 40 % av Sveriges arbetsmaskiner av 24 år eller äldre, samtidigt som de endast medförde endast 3 % av emissionerna i snitt bland Sveriges alla arbetsfordon (Naturvårdsverket, 2007). Dessa värden inkluderar dock även traktorer inom jordbruk, där nästan hälften visade sig vara 24 år eller äldre.

3.5.1 Efterbehandlingsutrustning

Wetterberg m fl. (2007) nämner i sin rapport flertalet tekniska åtgärder gällande maskiner och fordon som kan utföras för att minska emissioner. Bland annat nämns motorstyrning, NO_x-fällor, ammoniakinsprutning, EGR-system, partikelfilter och oxidationskatalysator. Dessa åtgärder, förklaras det vidare, används främst för att minska utsläppen av NO_x och skadliga partiklar. Oxidationskatalysator används till att omvandla kolmonoxid och kolväten till vatten och koldioxid (Wetterberg, et al., 2007). Vidare finns AdBlue, ett medel som tillsätts i avgassystemet för att minska utsläppen NO_x (Salutskij, 2015). Tillsatsmedel omvandlas i avgassystemet till ammoniak och koldioxid varpå ammoniak och NO_x-molekylerna sedan omvandlas till kväve och vattenånga (Salutskij, 2015).

3.5.2 El-hybrider

Idag finns det arbetsfordon som är helt eller delvis eldrivna. Komatsu tillverkar grävmaskiner där rotationen av maskinens övre del drivs av el (Komatsu, 2017). Hitachi tillverkar idag grävmaskiner som kan drivas helt på ström, dock krävs anslutning till en strömkälla med kabel (Hitachi, 2018a). Enligt Kwon m fl. (2010) fungerar en grävmaskin med en el-hybridmotor ofta så att elkraften träder in och hjälper motorn vid hög belastning. Det förklaras att även om belastningen förtillfället är låg så jobbar motorn nämligen alltid på högvarv vid grävoperationer för att alltid kunna vara beredd att ta hög belastning. Vidare berättar Kwon m fl. (2010) att bränsleförbrukningen och utsläppen kan därför minskas eftersom dieselmotorns belastning blir mindre då elmotorn ger stöd. Dessutom kan generering av el till ett batteri ske under användandet av grävmaskinen. Vid exempelvis inbromsningen av en rotation av maskinens överdel kan energin användas till laddning (Kwon, et al., 2010). Wang m fl. (2016) förklarar att det idag även finns hjullastare med elhybrid-motorer. Även dessa har system som genererar el vid exempelvis inbromsningar. Enligt Wang m fl. (2016) finns det dock tekniska problem som behöver lösas innan elhybrider eller helt eldrivna hjullastare kan användas med samma förtroende som vanliga hjullastare. Idag finns få batterier som är pålitliga nog att låtas driva arbetsfordonen helt, tills vidare måste dieselmotorn förbli den huvudsakliga energikällan, menar Wang m fl. (2016). Slutligen medför valet av

hybridfordon extra kostnader. Det handlar om cirka 20 % till 50 % extra i pris (Lin, et al., 2010). Kwon m fl. (2010) menar däremot att den extra kostnaden kan löna sig eftersom åtgången av bränsle blir mindre och el är ett betydligt billigare drivmedel än diesel.

3.5.3 Minskning av bränsleförbrukning hos grävmaskiner

Vukovic m fl. (2017) har undersökt hur bränsleförbrukningen för en grävmaskin kan minskas och fann att bränsleförbrukning kan delas upp i två stycken olika komponenter. Den ena komponent motsvarar en fast bränsleförbrukning som står för förbrukningen då maskinen går på tomgång utan att utföra något arbete eller transportera sig. Den andra komponenten står då för den extra bränsleförbrukningen för att utföra en uppgift. Hur relativt stora dessa två komponenter är varierar beroende på arbetsmoment som utförs. Vid utförandet av uppgifter med låg belastning har bränsleförbrukningen från den fasta komponenten visat sig vara störst. Studien från Vukovic m fl. (2017) visade på att generering av el vid inbromsning av rotation av maskinen eller sänkande av grävarmen endast kan reducera bränsleförbrukningen med 30 %. Vukovic m fl. (2017) diskuterar hur det eventuellt skulle gå att minska bränsleförbrukningen från tomgångskörningen, alltså den fasta komponenten. Främst föreslås ”downspeeding” av motorn som en möjlig åtgärd. Detta innebär ett minskat varvtal i motorn, vilket har visat sig kunna minska bränsleförbrukningen betydligt framför allt vid arbeten vid låg belastning (Vukovic, et al., 2017). Däremot innebär denna åtgärd även minskad produktivitet eftersom ett minskat varvtal även medger en minskad kraft från motorn (Vukovic, et al., 2017). En minskad motor nämns även av Vukovic m fl. (2017) som en åtgärd för minskad bränsleförbrukning, men det kan ofta innebära problem eftersom många arbetsmoment kräver att motorn är av den ursprungliga storleken. Även Start-Stop-system nämns, där motorn stängs av då den inte används, precis som att många bilar idag har system som stänger av motorn vid till exempel ett rödljus. Detta har däremot visat sig vara svårt att införa bland arbetsfordon, förklarar Vukovic m fl. (2017) utan att ge en vidare förklaring till varför. Studien drog slutsatsen att en bränsleförbrukning rent teoretiskt skulle kunna ske med 59 % med återvinning av energin från inbromsningar, lägre motorvarvtal och energieffektiva hydrauliska system.

3.5.4 Automatisk avstängning vid tomgångskörning

Tillverkaren Hitachi har enligt broschyrer från deras hemsida grävmaskiner som har en funktion som kallas ”auto-idle”, vilket innebär att motorn arbetar på lägre varvtal så fort maskinens hydraulik inte används och att automatisk avstängning av motorn sker vid tomgångskörning (Hitachi, 2017). Även tillverkaren Komatsu har denna automatiska avstängning som funktion på sina grävmaskiner (Komatsu, 2018). Volvo och Caterpillar har också en auto-idle-funktion (Volvo, 2017) och (Caterpillar, 2017). Enligt Volvos hemsida innebär denna funktion att motorn automatiskt stänger av sig efter 4 minuter av

tomgångskörning (Volvo, 2018b). Ingen information gällande de andra tillverkarnas "auto-idle"-funktioner kunde hittas. Hjullastare som finns på marknaden har också en funktion som ser till att motorn stängs av vid tomgångskörning. Caterpillars och Volvos hjullastare har en båda en sådan funktion (Caterpillar, 2016) och (Volvo, 2012).

Taylor (2003) fann i en studie gällande tomgångskörning av fordon att en ökad på- och avstängning av motorn till följd av användningen av "auto-idle" medför slitage på bland annat batteri och därmed ökade service och underhållskostnader. Däremot lönar sig "auto-idle"-funktionen ändå i slutändan eftersom bränsleförbrukningen även går ner, vilket innebär att kostnader för drivmedel går ner. Enligt Taylor (2003) är det mer lönsamt att stänga av motorn om tomgångskörningen annars skulle varat i mer än cirka 45 sekunder.

3.6 Beräkning av växthusgasutsläpp

I denna studie används två stycken olika ekvationer vid beräkning av växthusgasutsläpp och dessa hämtas från IPCC (2007). Europeiska miljöbyrå, EEA, använder sig också av ekvationer som i princip är helt identiska vid beräkning av utsläpp från arbetsfordon (EEA, 2016).

3.6.1 Ekvation baserad på bränsleförbrukning

Den första ekvationen skrivs som enligt nedan (IPCC, 2007).

$$\text{Utsläpp (kg)} = \text{bränsleförbrukning (MJ)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg/MJ)} \quad (1)$$

Enligt IPCC (2007) bör beräkning av koldioxidutsläpp baseras på mängden förbrukat bränsle och hur stor mängd kol som bränsle innehåller, något som bekräftas av EEA (2016). Även Hansson m fl. (2002) menar på att det finns ett linjärt samband mellan mängden förbränt bränsle och koldioxidutsläpp och att dessa utsläpp inte varierar beroende på vilken typ av arbete som utförs eller vilken belastning motorn utsätts för. Erlandsson (2013) har, på uppdrag av Miljöinstitutet, tagit fram generella data för bränsleåtgången för olika arbetsfordon. Denna beräkning är gjord med avseende till både produktion och förbränning av bränslet, som antagits vara diesel MK1. Erlandsson (2013) påpekar att siffrorna i tabellen ovan kan variera en del beroende på bland annat valet av bränsle, emissionsklass eller årsmodell. Största felkällan tros vara nyttjandegraden, som kan skifta mycket om arbetsoperationerna varierar mycket. För övrigt är bränsleförbrukningen baserad på normaleffekt och motorerna har antagits ha en verkningsgrad på 33 %. Erlandssons värden presenteras nedan i tabell.

Tabell 7. Bränsleförbrukning för olika arbetsfordon med en specifik motoreffekt.
Källa: (Erlandsson, 2013)

Arbetsfordon	Motoreffekt (kW)	Bränsleförbrukning (L/h)
Betongpumpsbil	180	40
Bandgrävare	55	8
Bandgrävare	103	14
Hjulgrävare	103	14
Hjullastare	148	30
Kompakthjullastare	45	4,5
Teleskoptruck	90	8,5
Mobilkran	254	25

Emissionsfaktorer för klimatpåverkan från utsläpp vid användande av bränslen presenterades i tabell i början av avsnitt 3.3. Dessa utsläpp inkluderade klimatpåverkan från bränslets hela livscykel. Emissionsfaktorer för de växthusgaser som släpps ut vid endast förbränning av bränsle hämtas från Europeiska miljöbyrån (EEA, 2016) och visas nedan i tabell. Även växthusgasernas koldioxidekvivalents, som är hämtade från avsnitt 3.2, visas i tabellen.

Tabell 8. Emissionsfaktorer för beräkning av klimatpåverkan vid förbränning av konventionell diesel i en motor samt koldioxidekvivalensen för respektive växthusgas.
Källa emissionsfaktorer: (EEA, 2016), Källa koldioxidekvivalens: se avsnitt 3.2.

Växthusgas	Emissionsfaktor (g/L diesel)	Koldioxidekvivalents (-)
Koldioxid (CO₂)	2560	1
Metan (CH₄)	0,067	34
Lustgas (N₂O)	0,109	298

3.6.2 Ekvation baserad på motoreffekt och belastningsgrad

IPCC:s (2007) andra ekvation ser ut som enligt nedan.

$$Utsläpp (kg) = N \cdot H \cdot P \cdot LF \cdot EF \quad (2)$$

där

N = Antalet fordon (st)

H = Antal drifttimmar per år (h)

P = Motoreffekt (kW)

LF = Belastningsgrad (%)

EF = Emissionsfaktor (kg/kWh)

IPPC (2007) beskriver det som att denna ekvation bör användas om bränsleförbrukning inte finns tillgänglig. EEA (2016) menar att utsläpp från arbetsfordon är betydligt mer beroende av motorteknik och arbetsoperationer jämfört med vanliga vägfordon. Om information finns för att kunna använda ekvationen ovan bör denna därför användas, anser EEA (2016). Vidare ska det nämnas att denna metod är använd i studierna av (Hansson, et al., 2002), (Flodström, et al., 2004) och (Wetterberg, et al., 2007) för att beräkna utsläpp av flertalet emissioner. Koldioxidutsläppen i dessa studier är däremot beräknade med hjälp av bränsleförbrukningen.

Motorn i arbetsfordonet arbetar inte alltid till sin maximala effekt, utan variera i hög grad beroende på vilken typ av arbetsoperation som utförs (US EPA, 2010) och (Lindgren, et al., 2002). Hänsyn måste också tas till att motorn ibland går på tomgång och belastningsgraden är därför ett mått på motorns genomsnittliga belastning (US EPA, 2010). Nedan visas framtagna belastningsgrader för olika arbetsfordon från två olika källor.

Tabell 9. Belastningsgrader för olika arbetsfordon. Källa: (Flodström, et al., 2004) och (US EPA, 2010)

Arbetsfordon	Motoreffekt (kW)	Belastningsgrad ¹ (%)	Belastningsgrad ² (%)
Betongpumpsbil			
Bandgrävare	70	40	53
Bandgrävare	150	40	53
Hjulgrävare	100	45	53
Hjullastare	100	55	48
Kompakthjullastare	40	30	23
Teleskoptruck	70	40	
Mobilkran	150	50	

¹ (Flodström, et al., 2004)

² (US EPA, 2010)

Emissionsfaktorerna från EEA (2016) som ska användas vid ekvation (2) varierar beroende på motoreffekten och blir därför olika för de olika fordonen. I tabell nedan kan emissionsfaktorerna för respektive fordon och växthusgas hittas.

Tabell 10. Emissionsfaktorer gällande tre olika växthusgaser för respektive arbetsfordon.
Källa: (EEA, 2016)

Arbetsfordon	Emissionsfaktorer (g/kWh)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Betongpumpsbil	250	0,003	0,035
Bandgrävare	255	0,003	0,035
Bandgrävare	255	0,003	0,035
Hjulgrävare	255	0,003	0,035
Hjullastare	255	0,003	0,035
Kompakthjullastare	262	0,010	0,035
Teleskoptruck	255	0,003	0,035
Mobilkran	250	0,003	0,035

3.6.3 Verkningsgrad

I tekniska processer, till exempel en förbränningsmotor, uppstår energiförluster. Ett mått på hur stor del av den tillförda energin som nyttjas till det tänkta arbetet är verkningsgraden (Nationalencyklopedin, 2018i). Verkningsgraden för en dieselmotor ligger idag på cirka 40 % (Pröckl, 2010) eller (Nationalencyklopedin, 2018i).

3.6.4 Utsläpp personbil

En personbil som valts att jämföra utsläppen från arbetsfordonen är Volvo V70. Enligt hemsidan Auto-data.net (2018) drar en Volvo V70 D4 med automatisk växellåda och 181 hästkrafter 4,5 liter diesel per 100 km vid blandad körning. Det påstås även att bilen släpper ut 119 g koldioxid per kilometer.

4 Empiri

4.1 Intervjuer

Intervjuer har gjorts med personer med en mer administrativ roll på det valda fallets entreprenörer som använder arbetsfordon. Dessutom gjordes en längre intervju med en betongpumpsförare. Nedan har en sammanfattning av det som sagts under intervjuerna. För detaljerad läsning av varje utförd intervju, se Bilaga 1. Empirin från de kortare intervjuerna med förarna finnes också nedan i avsnitt 4.1.2.

4.1.1 Sammanställning av företagsintervjuer

Ingen av företagen mäter sina koldioxidutsläpp. Dock nämner den intervjuade från mobilkransentreprenaden att vissa nya maskiner har inbyggd teknik som ger möjligheten att kunna mäta koldioxidutsläpp. Även miljöspecialisten på NCC påpekar att sådan teknik idag finns, men att det samtidigt inte finns någon standard för hur sådan data ska behandlas. Samtidigt vittnar de intervjuade från både hjullastarentreprenaden och teleskoptruckentreprenaden att det idag inte finns någon inbyggd teknik i deras maskiner som möjliggör mätning av koldioxidutsläpp. Specialisten på NCC förklarar vidare att Certifieringen BREAM idag ställer krav på livscykelanalyser, även om detaljer kring just klimatpåverkan från arbetsfordon inte finns gällande beräkningen av en sådan analys. Vidare förklarar den intervjuade från NCC att de planerar att ställa krav på att underentreprenörer ska kunna visa upp produktdatablad från drivmedel och att mängden förbrukat bränsle ska rapporteras in. Dessutom kommer livscykelanalyser börja att göras på NCC:s byggprojekt. Det visar sig från intervjuerna att både grävmaskinentreprenaden teleskoptruckentreprenaden mäter maskinernas bränsleförbrukning. Den intervjuade från hjullastarentreprenaden nämner dessutom att företagets fordon har en dator som visar på hur mycket den aktuella bränsleförbrukningen är. Vidare förklarar betongpumpsentreprenaden att företaget vet hur mycket bränsle som går åt per kubikmeter pumpad betong.

När det kommer till biodiesel förekommer användandet i princip bara på ett av de intervjuade företagen. Företaget med betongpumpar kör sina fordon på 100 % HVO utan problem. De har även innan använt RME, men upplevde problem med detta drivmedel. Samtidigt menar den intervjuade från mobilkransentreprenaden att de biodiesel som finns idag inte fungerar att använda i företagets maskiner. Gräventreprenaden och hjullastarentreprenaden använder inte biodiesel och är osäkra om HVO går att tanka i företagets maskiner. De har aldrig provat.

Teleskopentreprenaden har inte heller provat att tanka 100 % biodiesel, men tror att problem med motorn skulle uppstå om så gjordes. Vidare tankar uthyrningen av anläggningsmaskiner inte själva sina fordon med biodiesel, men menar att de som använder fordonen gärna får göra det. NCC ska införa krav på förnyelsebart bränsle i företagets ramavtal där kravet eventuellt kan bli att 20 % av bränslet som används ska vara förnyelsebart. Den intervjuade från NCC säger vidare att det inte kommer ställas något krav på ett specifikt förnyelsebart bränsle eftersom tekniken går framåt hela tiden och det är dumt att låsa in på bara ett bestämt alternativ. På frågan om det ses till klimatpåverkan från bränsleproduktionen när valet av förnyelsebart bränsle görs fås svaret att detta är en punkt som eventuellt kan bli av större vikt i framtiden. Just nu är det tillräckligt med att bränslet är klassat som förnyelsebart enligt Energimyndigheten, menar NCC:s miljöspecialist.

El-hybrider förekommer bland några av de intervjuade företagen. Mobilkranentreprenaden har flertalet stycken fordon som kan drivas med el efter uppställning på plats. NCC:s specialist berättar också att el-hybrider ska finnas bland mobilkranar redan idag. Även leverantören av betongpumpar har fordon som på byggarbetsplatsen kan koppla in pumpen med elkabel för 100 % eldrift. Grävrentreprenaden, hjullastarentreprenaden och företaget för uthyrning av anläggningsfordon uppger dock att det idag inte finns några maskiner inom deras verksamhetsområde som drivs helt eller delvis på el. Teleskopentreprenaden förklarar att det finns en variant av el-hybrid som måste kopplas in med elkabel, men att detta bara innebär problem gällande rörlighet och inget företag vill därför investera i en sådan truck. Uthyraren av anläggningsfordon menar dock att tillverkare arbetar på prototyper av el-drivna anläggningsmaskiner och att i framtiden kommer el-hybrider användas allt mer. NCC:s miljöspecialist uppger att det idag finns eldrivna arbetsfordon, mest gäller detta dock de mindre maskinerna. Den intervjuade anser dock att utsikterna ser goda ut för att kunna få större maskiner som grävmaskiner och bormaskiner att bli eldrivna.

De flesta intervjuade är eniga om att moderna maskiner också är mer energieffektiva. Transportchefen från betong- och pumpleverantörsfirman tyckte däremot det inte var någon skillnad alls. Den intervjuade från teleskoptruckentreprenaden påstod att företagets nyare maskiner har en mindre bränsleförbrukning till följd av att de nyare maskinerna använder Adblue. Den intervjuade från hjullastarentreprenaden menade att en ny hjullastare kan spara upp till 20 % bränsle.

Att uppfylla kraven som ställs gällande miljö är generellt sett inte några problem för de intervjuade företagen i fallstudien. Oftast ställs krav på EURO-klassificeringar och även krav på oljor och kemikalier uppger några. Grävmaskinentreprenaden och mobilkransentreprenaden nämner att ett problem kan vara att hinna få maskinerna avskrivna innan deras EURO-klassificeringar är utdaterade. Ingen av de intervjuade har angett att krav ställts på koldioxidutsläpp.

Både grävmaskinentreprenaden och uthyraren av anläggningsmaskiner föreslår minskad tomgångskörning som en åtgärd för att minska klimatpåverkan från arbetsfordon. Den intervjuade betongpumpsföraren tycker helt tvärtom och anser att motorn slits mycket om den stängs av och sätts på ofta. Enligt föraren fungerar motorn

som bäst när oljan i motorn är varm och menar att oljan kan hinna kallna om motorn stängs av mellan leveranserna av betong. Vidare menar den intervjuade från företaget med uthyrning av anläggningsmaskiner att ett lugnare körsätt också kan leda till mindre växthusgasutsläpp. Två av de intervjuade företagen har förare som är utbildade inom sparsam körning ("Eco-driving"). Den intervjuade transportchefen nämner att det är en del av en utbildning som ger ett yrkeskompetensbevis. Även Koordinatören för uthyrning av anläggningsmaskiner berättar att det finns flertalet företag som erbjuder utbildning inom Eco-driving.

4.1.2 Kortare intervjuer med övriga maskinförare

Förare till de olika arbetsfordonen var kort tillfrågade om de visste hur stor bränsleförbrukningen för fordonet var och om de tyckte att de körde fordonet mycket på tomgång. Samtliga svarade att de inte tyckte att fordonet gick mycket på tomgång. En förare förklarade att maskinen alltid lämnas på tomgång om föraren lämnar fordonet för att utföra något annat arbete i närheten, men att maskinen stängs av på rasterna. När det gäller bränsleförbrukningen svarade samtliga förare att den varierar och att den mycket är beroende på vilket arbetsmoment som utförs. De berättades också att vid tankning av arbetsfordonen går det inte att se exakt hur mycket bränsle som fylls på i tanken. En annan teknik än den som används vid tankning av en vanlig personbil på en mack används nämligen. Några av förarna gissade ungefär hur mycket bränsle som fordonet de körde förbrukade och dessa data finns presenterade nedan i tabell. Föraren till den orangea bandgrävaren berättade dessutom hur mycket som ungefär tankades vid ett tillfälle och hur många arbetsdagar det gått sedan senaste tankningen. Tyvärr saknas uppskattad bränsleförbrukning för vissa fordon då förarna inte kunde sätta en siffra på hur mycket bränsle deras fordon förbrukade i timmen.

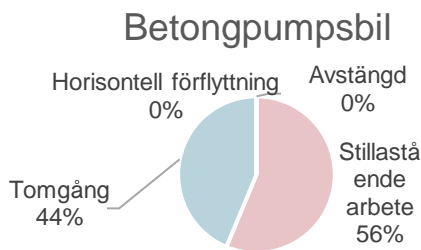
Tabell 11. Förarnas uppskattade bränsleförbrukning. Endast vissa förare kunde ge en uppskattning.

Arbetsfordon	Uppskattad bränsleförbrukning
Orange bandgrävare	7 L/h enligt data från tankning av maskin
Gul bandgrävare	12 - 14 L/h i snitt 20 L/h max
Hjulgrävare	7 L/h med vagn och mycket transportkörning 5,5 - 6 L/h utan vagn eller vid grävning
Hjullastare	6 L/h
Teleskoptruck	6 L/h

4.2 Observationer

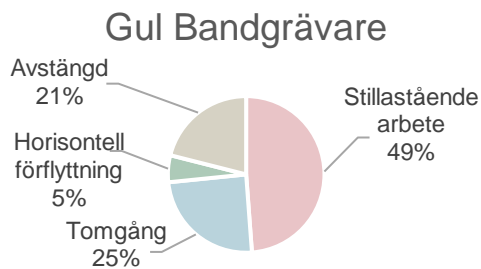
4.2.1 Tidmätningar

Tidmätningar av arbetsfordon gjorda på ett av NCC:s byggarbetsplatser finns presenterade nedan i diagram. Mätningarna gjordes under månaderna februari och mars och temperaturen var under noll grader vid vissa av mättillfällena. Vid mättillfällena mättes fordonen under cirka en timme var. I diagrammen är data från samtliga fem tidmätningar summerade. Om ett fordon stod avstängt under en ett helt mättillfälle är denna mätning fortfarande medräknat i summan. Förutom diagrammen beskrivs även vad som observerades vid tidmätningarna.



Figur 7. Betongpumpsbilens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter.

Betongpumpen stod alltid still under mätningarna och under 44 % av tiden gick fordonet på tomgång. Tomgången uppstod till följd av att byte måste ske av lastbil vid varje betongleverans. Ibland blev leveranserna försenade och betongpumpen fick stå på tomgång i väntan på att nästa leverans skulle komma.

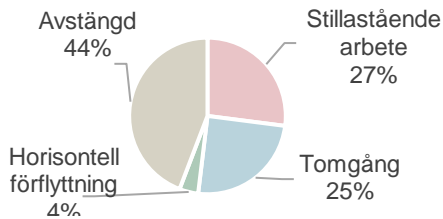


Figur 8. Gula bandgrävarens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

Denna bandgrävare utförde mycket stillastående arbete som mestadels bestod av grävning, närmare bestämt 49 % av tiden. 25 % av tiden gick maskinen på tomgång. Denna grävare jobbade med en annan kollega som arbetade för hand där grävarbetet utfördes. Tomgångskörningen uppstod oftast när grävaren var tvungen att avvakta medan kollegan arbetade med finjusteringar av arbetet. Dessa tillfällen innebar att

tomgångskörning skedde under cirka 10 – 30 sekunder. Kollegan gick även iväg ibland för att hämta material och grävmaskinisten satt då och väntade med motorn på. Tomgångskörningen varade lite längre vid dessa tillfällen, ofta runt ett par minuter.

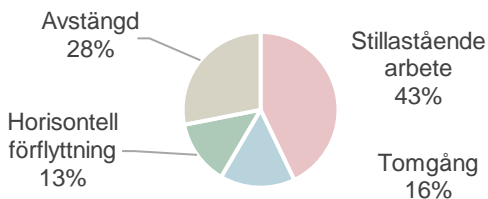
Orange Bandgrävare



Figur 9. Orangea bandgrävarens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

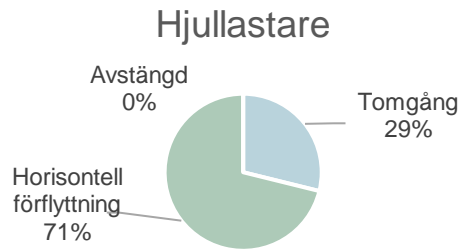
Denna bandgrävare utförde också en hel del stillastående arbete men var även helt avstängd under vissa mättillfällen. Denna maskin gick på tomgång under 25 % av tiden, precis som den gula. Tomgången uppstod när denna grävare fick avvakta medan kollegor skulle finjustera något. Ibland kunde föraren till och med hoppa ut själv från maskinen och lämna den på tomgång medan föraren utförde finjusteringarna själv. Även här uppstod varade de flesta tomgångskörningarna under kortare perioder, cirka 10 - 30 sekunder, men även under längre perioder på några minuter.

Hjulgrävare



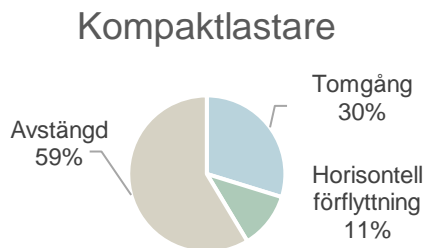
Figur 10. Hjulgrävarens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

Tomgången från denna maskin uppstod också i väntan på kollegans arbete. 16 % av tiden gick denna maskin på tomgång. Även denna förare hoppade ur maskinen och lämnade den på tomgång medan föraren hjälpte sin kollega. Vid ett tillfälle stod hjulgrävaren på tomgång i 15 minuter medan föraren hade lämnat maskinen för att hjälpa sin kollega. Denna grävare körde också på tomgångskörning ofta i cirka 10 – 30 sekunder.



Figur 11. Hjullastarens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter.

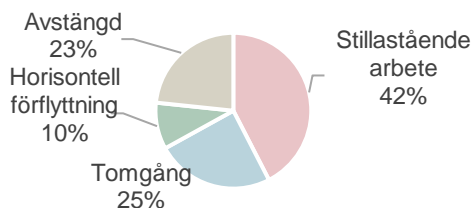
Denna hjullastare var med endast under ett mättillfälle innan den inte behövdes längre och fick lämna projektet. Fordonet observerades gå på tomgång under 29 % av tiden. Tomgången uppstod här ofta i avvaktan på andra fordon som skulle lastas med exempelvis grus. Vid dessa tillfällen varade tomgångskörningen under förhållandevis korta tidsperioder, cirka 10 – 30 sekunder. Det observerades vid ett tillfälle att fordonet däremot stod och inväntade en leverans i cirka 8 minuter med motorn påslagen.



Figur 12. Kompaktlastarens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter.

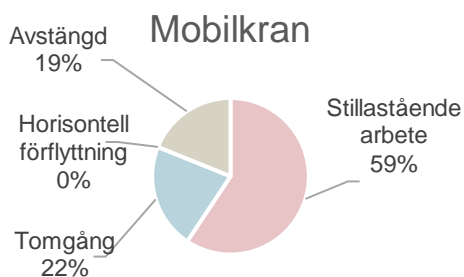
Kompaktlastaren var helt avstängd under flera mättillfällen. När den var igång uppstod tomgången vid väntan på att ett arbete behövdes göras. Precis som hjullastaren pågick tomgångskörningarna vid denna väntan under cirka 10 – 30 sekunder. En gång lämnades fordonet på tomgång i 23 minuter medan föraren var någon annanstans utan att synas till. En annan gång observerades föraren sitta och titta på mobilen i flera minuter medan fordonet var på. Totalt gick fordonet på tomgång under 30 % av tiden.

Teleskoptruck



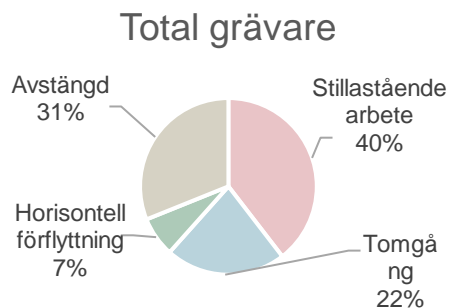
Figur 13. Teleskoptruckens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

Detta fordon observerades bara vid ett tillfälle. Tomgångskörningen gjordes mycket i väntan på kollegorna här också. Det handlade om intervaller som varade en till flera minuter. Ofta stod trucken still med ett föremål som skulle flyttas och avvaktade medan kollegorna utförde arbeten. Detta räknades dock som stillastående arbete. Tomgångskörning förekom under 25 % av tiden, vilket räknas som den tid trucken stod still och inte lyfte något föremål.



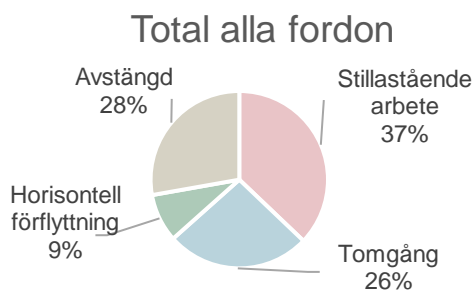
Figur 14. Mobilkranens uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

Mobilkranen observerades även den under endast en dag. Tomgångskörningen var här en följd av att väntan mellan leveranserna av de betongblock som skulle lyftas på plats. Dessa tidsperioder kunde vara några minuter. Tomgångskörning förekom också medan betongblocken skulle kopplas fast med kranen innan lyften. Här observerades fordonet köra på tomgång under 22 % av tiden.



Figur 15. Summan av alla grävmaskiners totala uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

Här har samtliga mätdata för den gula och orangea bandgrävaren samt hjulgrävaren samlats och presenteras i figur 15.



Figur 16. Summan av alla arbetsfordons totala uppmätta tidfördelning mellan olika aktiviteter

Här har mätdata från alla fordon och alla mättillfällen samlats och visas i en figur. Bland annat går det att se att arbetsfordonen i snitt gick på tomgång 26 % av tiden.

De undersökta arbetsfordonen och deras specifikationer presenteras nedan i tabell. Information om fordonens motor har hämtats från tillverkarens hemsida.

Tabell 12. Modell och motoreffekt gällande studiens observerade arbetsfordon.

Typ av Arbetsfordon	Modell	Motoreffekt (kW)
Betongpumpsbil	Pump: Ergonic inside (42 m) Bil: Scania P-410	186,4 ¹
Orange bandgrävare	Hitachi Zaxis 135 US, tillverkad år 2015	75 ²
Gul bandgrävare	Case CX210B	117 ³
Hjulgrävare	Liebherr 914 Compact, tillverkad år 2014	105 ⁴
Hjullastare	Volvo L70F	125 ⁵
Kompaktlastare	Volvo L25F, tillverkad år 2013	36,4 ⁶
Teleskoptruck	Manitou MRT 2150 Turbo	115 ⁷
Mobilkran	Manitowoc Grove	300 ⁸

¹ Scania, 2017

² Hitachi, 2018

³ Richiespecs, 2017

⁴ Liebherr, 2018

⁵ Volvo, 2012

⁶ Volvo, 2013

⁷ Manitou, 2018

⁸ Manitowoc, 2014

5 Analys

5.1 Arbetsfordonens klimatpåverkan

5.1.1 Generell påverkan

Byggprocessens utsläpp blir allt viktigare i jämförelse med utsläppen från drifttiden, visar studier från både Hong m fl. (2014) och Liljenström och Malmqvist (2015). Enligt Liljenström och Malmqvist (2015) kan byggprocessen stå för upp till 50 % av klimatpåverkan sett till ett livscykelperspektiv. Däremot visar Hong m fl. (2014) och Liljenström och Malmqvist (2015) på att klimatpåverkan från byggproduktionen inte är särskilt stor, mellan 2,4 % och 13 % av byggprocessen. Hong m fl. (2014) fann dessutom att arbetsfordonens utsläpp endast orsakade 14 % av byggproduktionens utsläpp. Med det som sagts ovan i beaktande kan arbetsfordonens klimatpåverkan stå för en så liten andel som

$$0,50 \cdot 0,024 \cdot 0,14 = 0,000168 \approx 0,17 \%$$

Materialproduktionen är istället den största boven med mellan 84 till 95 % av den totala klimatpåverkan i byggprocessen (Liljenström & Malmqvist, 2015) och (Hong, et al., 2014).

5.1.2 Beräkning av koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner

Efter att ha utfört intervjuer med förarna kunde det snabbt konstateras att de var överens om att det är svårt att sätta en siffra på hur mycket bränsle som deras fordon förbrukade. De vittnade om att bränsleförbrukningen varierar mycket beroende på vilken arbetsuppgift som utförs och att de nämligen vid tankning inte kunde se exakt hur mycket som fylls på i tanken, eftersom tankning av arbetsfordonen inte sker på samma vis som vid vanlig tankning av en bil på en bensinmack. Att bränsleförbrukningen varierar rimmar bra med vad som beskrivs i litteraturen. Abolhasani m fl. (2008) förklarade att utsläpp och bränsleförbrukning gällande grävmaskinerna i deras studie varierade kraftigt under mätningarna och att det är viktigt att beakta detta vid utsläppsberäkningar. Lindgren et al. (2002) pekade på att olika arbetsmoment ger olika mycket utsläpp och menade att det borde göras mätningar för varje typ av arbetsmoment. Detta låter som ett bra förslag. Om mätningar gjordes på detta sätt skulle generella utsläppsvärden kunna tas fram för varje typ av arbetsmoment. Vid planering av byggproduktionen kan då mer

representativa utsläppsberäkningar göras vid en livscykelanalys. Enligt intervjun med både administratören från mobilkranentreprenaden och NCC:s miljöexpert ska det ju idag finns teknik på arbetsfordonen som kan mätas koldioxidutsläpp.

Trots vad som nämnts ovan fick förarna ändå ange ungefär hur mycket diesel de trodde att arbetsfordonen förbrukade. I tabell nedan presenteras svaren från förarna och data från Erlandssons (2013) undersökning för jämförelse.

Tabell 13. Bränsleförbrukning uppskattad av studiens förare samt från Erlandssons studie från 2013.

Arbetsfordon	Bränsleförbrukning uppskattad av förare (L/h)	Bränsleförbrukning enligt Erlandsson (2013) (L/h)
Betongpumpsbil		40
Orange bandgrävare	7	8
Gul bandgrävare	13	14
Hjulgrävare	6,5	14
Hjullastare	6	15
Kompakthjullastare		4,5
Teleskoptruck	6	8,5
Mobilkran		25

Från tabell 11 har bränsleförbrukningen som förarna angett hämtats. På de ställen där vissa förare angav ett spann på vad bränsleförbrukning kunde vara har värdet i mitten av spannet används. Bränsleförbrukningen framtagen av Erlandsson (2013) stämmer någorlunda bra överens med som samlats in i denna studie. Ett undantag är uppgifterna gällande hjulgrävaren och hjullastaren. Värdet som föraren för hjulgrävaren är lågt vid jämförelse med både uppgifter från Erlandsson (2013) och orangea bandgrävaren. Enligt Erlandsson (2013) ska ju både hjulgrävare och bandgrävare ha samma bränsleförbrukning. Hjullastarens bränsleförbrukning enligt förare är också betydligt mindre än den som Erlandsson (2013).

Hur som helst kommer både fallstudiens egna insamlade bränsleförbrukningar och Erlandssons (2013) att användas vid utsläppsberäkningarna. IPPC:s ena ekvation ser ut enligt följande

$$Utsläpp \text{ (kg)} = \text{bränsleförbrukning (MJ)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg/MJ)} \quad (1)$$

Eftersom bränsleförbrukningen i fallstudien endast erhållits i L/h skrivs ekvation (1) om så att bränsleförbrukningen mäts i liter bränsle per timme. Emissionsfaktor ändras till emissioner per liter bränsle. Ekvation (1) skrivs nu om till följande

$$Utsläpp \text{ (kg/h)} = \text{bränsleförbrukning (L/h)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg/L)} \quad (3)$$

Vidare måste emissionsfaktorn bestämmas. Energimyndighetens värden från avsnitt 3.2 kan ej användas här om klimatpåverkan bara ska ses till utsläppen vid förbränning av bränslet. Energimyndighetens värde ser nämligen till hela livscykeln, alltså även utsläppen från produktionen av bränslet. Istället används emissionsfaktorer för endast förbränning av diesel som hämtas från EEA (2016), se tabell 10 i avsnitt 3.6.2.2.

Utsläppsvärdena måste multipliceras med respektive koldioxidekvivalents, som också hämtas från avsnitt 3.6.2.2, för att få fram den faktiska klimatpåverkan.

Tabell 14. Beräknad klimatpåverkan vid förbränning av diesel i motor med hjälp av emissionsfaktorer och koldioxidekvivalents.

Växthusgas	Emissionsfaktor (g/L)	Koldioxidekvivalents (-)	Klimatpåverkan g CO ₂ e/L
Koldioxid (CO₂)	2 560	1	2 560
Metan (CH₄)	0,067	34	2
Lustgas (N₂O)	0,109	298	33
Total			2 595

Med värden hämtade från EEA (2016) bestäms alltså diesels klimatpåverkan till 2,6 kg CO₂/L. Det beräknade värdet 2,6 CO₂/L kan jämföras med Energimyndighetens värde 2,8 kg CO₂/L från tabell 2, som ser till utsläppen från hela livscykelperspektivet. Intressant är att koldioxid står för 98,6 % av klimatpåverkan enligt denna beräkning, vilket innebär att koldioxid överlägset är den viktigaste växthusgasen vid förbränning i fordonsmotorer. Med andra ord, det räcker med att mäta koldioxidutsläppen för att få grepp om hur stor klimatpåverkan ett fordon utgör. Eftersom utsläpp av koldioxid står i direkt förhållande till hur mycket bränsle som förbränns (Hansson, et al., 2002) är alltså mängden använt bränsle ett bra mått på ett arbetsfordons klimatpåverkan.

Värdet på 2,6 kg CO₂e/L sätts nu in i ekvation (3) för utsläpp ovan och benämns tills vidare EKV1.

$$EKV1 \text{ (kg/h)} = \text{bränsleförbrukning (L/h)} \cdot 2,6 \text{ (kg/L)} \quad (4)$$

Vid beräkning av EKV1 fås ett resultat med bränsleförbrukningen från studiens insamlade data som kommer att benämnas EKV1(I). Vid användandet av Erlandssons (2013) data benämns resultatet EKV1(E).

Vidare kan utsläppen även beräknas med IPCC:s ekvation andra ekvation

$$\text{Utsläpp (kg)} = N \cdot H \cdot P \cdot LF \cdot EF \quad (2)$$

där

N = Antalet fordon (st)

H = Antal drifttimmar per år (h)

P = Motoreffekt (kW)

LF = Belastningsgrad (%)

EF = Emissionsfaktor (kg/kWh)

Här sätts N=1 eftersom beräkningen EKV1 också gällde ett fordon. Vidare sätts H=1 eftersom klimatpåverkan i denna studie beräknas per timme. Motorns effekt och belastningsgrad hämtas från tabell 12 och 9. Emissionsfaktorerna hämtas här också från EEA (2016). I denna ekvation är däremot emissionsfaktorerna en aning olika beroende på motorns effekt, vilket medför att emissionsfaktorn blir olika för de olika fordonen.

Emissionsfaktorerna för respektive växthusgas hämtas från tabell 8 i avsnitt 3.6.2. Även här multipliceras emissionsfaktorerna med respektive växthusgas koldioxidekvivalents. Sedan summeras klimatpåverkan från varje växthusgas och i tabellen nedan kan den totala emissionsfaktorn för varje arbetsfordon utläsas. Eftersom ingen belastningsgrad kunde hittas för betongpumpsbilen har här andelen av tiden som fordonet utförde stillastående arbete använts, i brist på bättre värde.

Tabell 15. Respektive arbetsfordons motoreffekt, belastningsgrad och total emissionsfaktor vid förbränning av diesel i motor.

Arbetsfordon	Motoreffekt (kW)	Belastningsgrad (%)	Emissionsfaktor (kg/kWh)
Betongpumpsbil	186,4	56 ¹	260,5
Orange bandgrävare	75	53	265,5
Gul bandgrävare	117	53	265,5
Hjulgrävare	105	53	265,5
Hjullastare	125	55	265,5
Kompakthjullastare	36,4	30	272,8
Teleskoptruck	115	40	265,5
Mobilkran	300	50	260,5

¹ Värde från studiens empiri. Värdet motsvarar det uppmätta värdet pumpen användes och inte gick på tomgång.

Ekvation (2) justeras nu enligt stycket ovan och presenteras nedan som

$$Utsläpp (kg/h) = 1 \cdot 1 \cdot \text{motoreffekt (kW)} \cdot \text{belastningsgrad (\%)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg/kWh)} \quad (5)$$

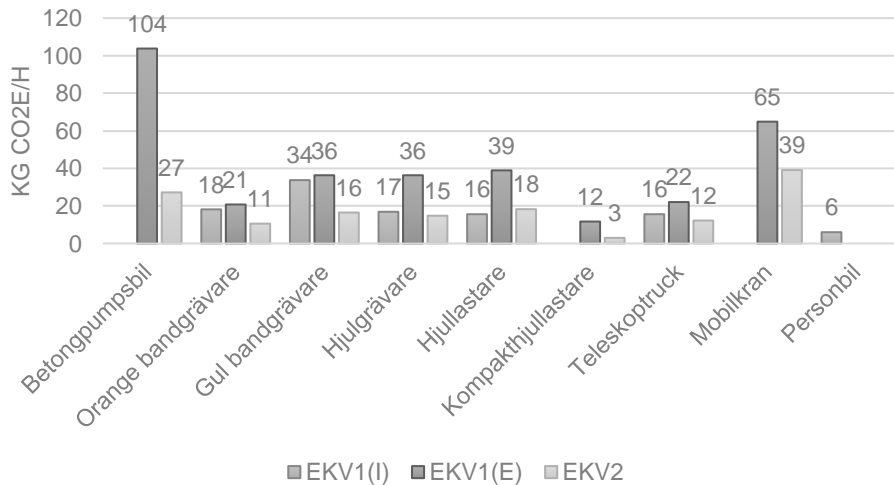
Ekvation (5) förenklas nu nedan och benämns tills vidare i studien som EKV2.

$$EKV2 (kg/h) = \text{motorns medeleffekt (kW)} \cdot \text{belastningsgrad (\%)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg CO}_2\text{/kWh)} \quad (6)$$

För att få en lättare förståelse för hur stora dessa utsläpp är kan resultaten ovan jämföras med utsläppen från en personbil. En Volvo V70 släpper enligt Auto-data (2018) ut 119 g CO₂/km. Ett problem är här att värdet för utsläpp är angivet i g CO₂/km. Om det antas att bilen kör 50 km/h i snitt beräknas utsläppen till

$$Utsläpp(kg/h) = 50 \text{ km/h} \cdot 0,119 \text{ kg/km} = 5,95 \text{ kg/h} \quad (7)$$

Nedan presenteras nu klimatpåverkan för respektive arbetsfordon uttryckt i koldioxidekvivalenter. Resultaten är uppdelade mellan observerade bränsleförbrukning EKV1(I), bränsleförbrukning från Erlandsson (2013) EKV1(E) och EKV2. För referens är även utsläppen för personbilen Volvo V70 med.



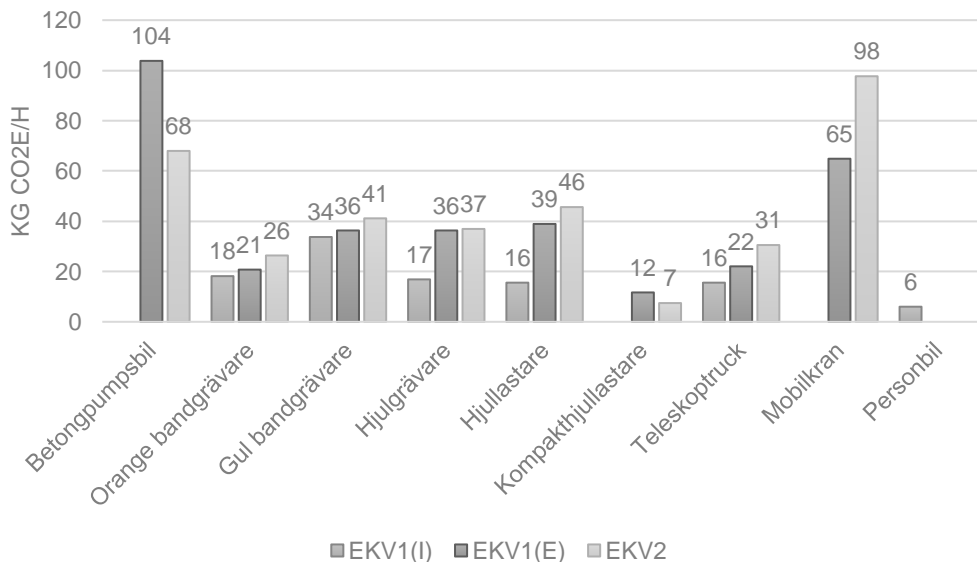
Figur 17. Respektive arbetsfordons beräknade klimatpåverkan uttryckt i kilogram koldioxidekvivalenter (kg CO2e/h).

Beräkningen visar på att de två olika ekvationerna EKV1 och EKV2 helt klart ger olika resultat för de olika arbetsfordonen. EKV2 ger betydligt mindre värden för nästan samtliga fordon. Minst skillnad finns för mobilkranen där EKV2 gav ett värde som var 40 % lägre än värdet från EKV1(E). Värdena för kompakthjullastaren och betongpumpsbilen hade störst skillnad där EKV2 gav värden som var 74 % mindre än EKV1(E)s värde. Notera att EKV2-värdet för betongpumpsbilen beräknades med en belastningsgrad som beräknats med hjälp av resultatet från denna studie i brist på att ingen annan information kunde hittas.

Skillnaden mellan beräkningsresultaten är stor. EKV1 är baserade på faktiska bränsleförbrukningar och hur mycket energi som går åt totalt, även om inte all energi som utvinns används för att utföra det arbete motorn är tänkt för. En teori är att det här problemet ligger vid användningen av EKV2. Motorns effekt är siffran på den effekt som utnyttjas för att kunna utföra arbete med maskinen. Den totala energin som utvinns i motorn är mycket större och för att få fram denna energi kan motorns effekt justeras med verkningsgraden enligt

$$\text{Total tillförd energi} = \text{Motoreffekt} / \text{Verkningsgrad}$$

Om EKV2 justeras för detta, med en verkningsgrad på 40 %, fås beräkningsresultat med mindre skillnad mellan två olika typerna av ekvationer.



Figur 18. Respektive arbetsfordons beräknade klimatpåverkan uttryckt i kilogram koldioxidkvivalenter (kg CO₂e/h) efter att justerat EKV2 med en verkningsgrad på 40 %.

EKV2 ger nu generellt istället en aning större värden än EKV1. Dock är skillnaderna nu generellt sett mindre. För samtliga grävmaskiner och hjullastare är resultaten från EKV1(E) och EKV2 väldigt lika. Samtidigt är det fortfarande stora skillnader i resultat mellan de två beräkningsmetoderna för mobilkran och betongpumpsbil. Skillnaden för betongpumpsbilen kan bero på att den antagna belastningsgraden är fel. Mobilkranens skillnad mellan de två resultaten kan bero på att olika motoreffekter har använts vid beräkningarna. Enligt produktdatabladet för den observerade mobilkranen ska denna maskin ha en motoreffekt på 300 kW, vilket är den effekt som använts till EKV2. EKV1(E) har använt bränsleförbrukningen av en mobilkran på 254 kW hämtat från Erlandsson (2013), se Bilaga 1. Skillnaden i beräkningsresultat mellan de två olika metoderna för resterande fordon kan också bero på detta. Här hänvisas till tabell 12 och 15, där det framgår att skillnader finns mellan det observerade fordonets motoreffekt och den motoreffekt som Erlandsson (2013) använt vid framtagandet av bränsleförbrukning. Slutligen är en bidragande faktor även de arbetsoperationer som arbetsfordonen utför. Bränsleförbrukningen och därmed även utsläppen varierar ju beroende på vilken typ av arbete som utförs, vilket påpekats både av Lindgren m fl. (2002) och de intervjuade förarna. Bränsleförbrukningen som Erlandsson (2013) tagit fram är kanske inte baserade på exakt samma typ av arbetsoperationer som de som förarna från fallstudien är vana vid att utföra.

Att IPCC inte har tagit verkningsgraden i beaktning tycks vara mycket märkligt. Resultatet visar på en stor skillnad i resultat vid verkningsgraden i beaktning. Är det underförstått att verkningsgraden ska beaktas? Enligt IPCC (2007) ska "Average rated power" användas vid beräkningen, vilket i denna studie har översatts till genomsnittlig

märkeffekt. Med detta antas det menas märkeffekten som är den genomsnittliga för en viss typ av arbetsfordon.

Hur som helst är bränsleförbrukningen ett bättre mått på hur stor klimatpåverkan ett fordon har. Precis som nämnts ovan är detta på grund av det direkta förhållandet mellan förbränt bränsle och koldioxidutsläpp samt det faktum att koldioxid står för 98,6 % av klimatpåverkan vid förbränning i en dieselmotor. Med andra ord bör EKV1 ge en mer korrekt bild av klimatpåverkan än EKV2. Analysen som gjorts ovan visar på att beräknad klimatpåverkan kan variera beroende på vilken ekvation som används eller vilken data gällande bränsleförbrukning som används. Syftet i denna studie var främst att ta reda på vilken klimatpåverkan fallets arbetsfordon har. Det resultat som kommer närmast sanningen antas fås genom att använda den bränsleförbrukning som förarna från fallet angivit. För de fordon där ingen siffra på bränsleförbrukning fickas får istället Erlandssons (2013) data från tabell 7 duga.

5.2 Drivmedel

Vid undersökningen visade det sig att somliga av företagen mäter bränsleförbrukningen från arbetsfordonen. Dessutom fanns till och med en dator i hjullastaren som kunde visa nuvarande bränsleförbrukning. Med andra ord bör det inte vara så svårt för entreprenörer att kunna samla data gällande hur mycket bränsle som gått åt under byggnationen. För att kunna mäta klimatpåverkan från utsläpp vid ett byggprojekt borde det därför ställas som krav att samtliga entreprenörer mäter mängden förbrukat bränsle. På så vis kan klimatpåverkan i ett byggprojekt bättre följas upp och effekterna från eventuella åtgärder blir lättare att mäta. Enligt NCC:s miljöspecialist är krav på både uppvisande av drivmedels produktdatablad, bränsleförbrukning och livscykelanalyser på gång att implementeras, vilket är ett steg i rätt riktning.

5.2.1 FAME och HVO

Att ställa krav på att förnyelsebart bränsle används kan ses som en av de viktigare åtgärderna för att lyckas minska koldioxidutsläppen, samtidigt som hänsyn måste tas till klimatpåverkan från bränslets hela livscykel. Vid första blick på tabell 2 från Energimyndigheten (2017) kan det konstateras att ett byte till HVO eller FAME skulle medföra en kraftig minskning av klimatpåverkan. Med användandet av dessa siffror skulle HVO och FAME medföra en minskning av växthusgasutsläpp med hela 84 % respektive 64 %. NCC:s miljöspecialist säger dock att utsläppen från produktionen av bränslet inte ligger i fokus. Det viktiga är att Energimyndigheten anser att bränslet är förnyelsebart. Lyckligtvis för klimatet ser Energimyndigheten till hela livscykelperspektivet vid presentationen av förnyelsebara energikällor.

Studierna utförda av både Edwards m fl. (2014) och Johnson (2017) visar på att utsläppen sett till livscykelperspektiv kan variera kraftigt dels både på hur utsläppsberäkningen görs samt vilken råvara som används vid tillverkningen. Om ”indirect land use change” eller ”direct land use change” ska räknas med, där det tas hänsyn till att oexploaterad mark skövlas för att ge plats för odling av växter för biodieselproduktion, kan vissa typer av biodiesel knappt ses som miljövänliga. Om Johnsons (2017) siffra gällande indirect land use change på 55 g CO₂/MJ används, blir klimatpåverkan från HVO tillverkat på raps (102,4 g CO₂/MJ) eller sojabönor (95,4 g CO₂/MJ) till och med större än den från konventionell diesel (89,2 g CO₂/MJ).

Tydligt är i alla fall att om avfall och restprodukter används till tillverkningen av HVO och FAME fås mindre utsläpp av växthusgaser än vid användandet av odlade växter. Detta bekräftar (Energimyndigheten, 2016b), (Edwards, et al., 2014) och även (Johnson, 2017), med undantag för palmolja enligt den sistnämnda källan. Det är alltså essentiellt att välja HVO och FAME som är tillverkad med rätt råvara. Den minskade klimatpåverkan kan skilja mellan 34 % (rapsolja) och 92 % (använd matolja) om siffrorna används från (Edwards, et al., 2014) och (Johnson, 2017). Idag tillverkas HVO på mestadels avfall och restprodukter (OKQ8, 2018), (Circle K, 2018) och (Preem, 2018), vilket troligtvis är anledningen till att Energimyndigheten (2017) kan visa på så kraftigt minskad klimatpåverkan vid tankning av HVO. Den intervjuade Transportchefen nämnde att det ibland är svårt att få tag i råvaror till tillverkning av HVO, något som även påpekats av Yasin m fl. (2017). Om efterfrågan på HVO och FAME ökar måste kanske odlade råvaror börja användas för tillverkning i en större utsträckning än vad de gör idag. Detta skulle leda till att klimatpåverkan blir större från biodiesel än vad den anses vara idag. Som klimatsmart huvudentreprenör bör det därför ställas krav på att råvarorna till det HVO och FAME som används ska gå att spåra och att de i största möjliga utsträckning ska bestå av rest- och avfallsprodukter.

Vid jämförelse mellan FAME och HVO verkar det enligt Edwards m fl (2014) som att klimatpåverkan från de två olika typerna av biodiesel ungefär är densamma. Detta gäller oavsett vilken råvara som används, se tabell 3 och 5. Vid jämförelse mellan (Edwards, et al., 2014) och (Johnson, 2017), utan hänsyn tagen till land use change, ses fler skillnader. För råvarorna talg, matolja och raps visar Johnson (2017) på större klimatpåverkan, medan studien av Edwards m fl. (2014) visade på större utsläpp för HVO tillverkade av palmolja och sojabönor. Studien gjord av Edward m fl. (2014) är gjord på uppdrag av EU-kommissionen och det är därför troligare att dessa siffror blir gällande riktlinjer när det kommer till utsläppsberäkningar. Eftersom ett av de intervjuade företagen haft problem med den vanligaste typen av FAME samt det faktum att HVO visar på minst klimatpåverkan enligt Energimyndigheten (2017) bör HVO föredras att användas istället för FAME.

En förutsättning för att HVO ska kunna ställas som krav är förstås att arbetsfordonen kan drivas med det. Den intervjuade från mobilkranentreprenaden att de haft problem vid användandet av biodiesel. Det förklarades som att det biodiesel som använts ”gjort mer skada än nytta”. Vilken typ av biodiesel som gett dessa problem var däremot oklart. Troligtvis kan det ha varit RME, en typ av biodiesel som även betongpumpsföretaget också haft problem med. De intervjuade från

grävmaskinentreprenaden, hjullastarentreprenaden och teleskoptruckentreprenaden hade aldrig tankat 100 % biodiesel och var osäkra på huruvida motorn skulle fungera. Den sistnämnda entreprenören trodde inte företagets truckar skulle kunna tankas med 100 % HVO. Enligt studiens empiri är många personer inom branschen skeptiska till användningen av biodiesel eller så vet de helt enkelt inte något om saken. Den intervjuade betongpumpsföraren och transportchefen vittnade å andra sidan om att deras fordon drivs med 100 % HVO utan problem. Enligt Energimyndigheten (2016) har HVO samma kemiska uppbyggnad som vanligt diesel. Edwards m fl. (2014) menade dessutom att HVO kan användas ren, något som även No (2014) bekräftade. Dessutom har Volvo gått ut med att deras hjullastare kan drivas med 100 % HVO (Volvo, 2018b). I artiklar från både Andersson (2016) och Ekblom (2016) säger intervjuade från Volvo att alla företagets anläggningsmaskiner kan drivas med rent HVO. Vidare har Caterpillars återförsäljare också gått ut och sagt att samtliga anläggningsmaskiner från Caterpillar kan drivas med 100 % HVO. Med andra ord finns det idag flera tillverkare av arbetsfordon som gett grönt ljus för användning av HVO. Det är därför troligt att de flesta dieselfordon kan drivas med rent HVO, utan att många av underentreprenörerna vet om detta. Underentreprenörer borde därför ombeddas att kontakta tillverkarna av företagets fordon för ett godkännande av användning av HVO. För de fall då tillverkarna ger ett godkännande är det sedan bara att ställa krav på att fordonen drivs med 100 % HVO.

5.2.2 El

Ännu bättre resultat skulle kunna uppnås om arbetsfordonen drevs av el. Den svenska elmixen medför redan från början väldigt lite växthusgasutsläpp både jämfört resten av Europas elnät och resten av de olika typerna av drivmedel (Edwards, et al., 2014) och (Energimyndigheten, 2017a). Om Energimyndighetens siffra på 13,1 g CO₂/MJ används kan det konstateras att för varje MJ som drivs av el istället för diesel (89,2 g CO₂/MJ) i ett arbetsfordon sparas 76,1 g CO₂. Detta är en minskad klimatpåverkan på 85 %. Ännu bättre resultat kan uppnås om det ställs krav på elleverantören att elen ska vara producerad helt från förnyelsebara energikällor (Energirådgivningen, 2016). Används exempelvis vindkraft som energikälla fås ingen klimatpåverkan alls, se tabell 6. Med andra ord, 100 % mindre klimatpåverkan. Till vilken utsträckning som el kan ersätta diesel när det gäller arbetsfordon genom att el-hybrider används diskuteras vidare i avsnitt 5.3.1.

5.3 Fordonets egenskaper

5.3.1 El-hybrider

Elhybrider har idag en vis utbredning bland arbetsfordonen i byggbranschen. Att använda inbromsningen av maskinernas rörelse, som Kwon m fl. (2010) och Wang m fl. (2016) förklarar, låter som ett utmärkt sätt att få batterierna att räcka längre. Upp till 30 % mindre bensinförbrukning kan detta leda till (Vukovic, et al., 2017), vilket är en betydelsefull minskning. Hitachi (2018) som påstår till och med att deras maskin kan drivas till 100 % på ström om en elkabel är inkopplad. Detta kan dock tänkas bli en nackdel om maskinen måste transportera sig mycket. Som figurerna 15 visar sker ändå transport under 7 % av tiden. Vid mer stationära arbeten skulle denna maskin kunna vara en bra idé. Tyvärr verkar det som de flesta grävmaskiner måste fortsätta drivas med diesel som primärt drivmedel, precis som Kwon m fl. (2010) beskriver det. En grävmaskin som el-hybrid fungerar, enligt Kwon m fl. (2010), på så vis att elkraften hjälper till vid högre belastningar på maskinens motor och på så vis minskar bränsleförbrukningen. Högre belastningar antas ske vid stillastående grävarbeten framförallt. Enligt studiens undersökningar utförde grävmaskinerna stillastående arbete 40 % av tiden i snitt, se figur 15. Den gula bandgrävaren spenderade nästan hälften av tiden grävandes stillastående. Detta betyder att en el-hybrid skulle kunna hjälpa till att minska utsläppen upp till hälften av tiden som maskinen används. Att en el-hybridgrävmaskin inte skulle hjälpa till att minska utsläppen vid tomgångskörningen, eftersom motorn inte belastas hårt då, är såklart olyckligt. Tomgångskörning stod däremot för bara 22 % av grävmaskinernas totala tid, vilket är mindre än de 40 % av tiden som stillastående arbete utfördes.

Tyvärr vittnar den intervjuade gräventreprenaden om att det idag inte finns några el-hybrider på marknaden. Även koordinatören på företaget för uthyrning av anläggningsmaskiner berättar att det idag inte finns några el-hybrider inom deras verksamhetsområde, men menade att prototyper håller på att utvecklas. Flertalet tillverkare har ju, enligt deras hemsidor, tagit fram hybridgrävmaskiner (Hitachi, 2018a) och (Komatsu, 2017). Wang m fl. (2016) påpekar å andra sidan att det finns problem med tillförlitligheten gällande bland annat batterier. Lin m fl. (2010) menar dessutom att elhybrider medför en extra inköpskostnad, upp till 50 % mer. Detta skulle kunna vara en stor anledning till att framför allt mindre entreprenadfirmor inte kommer kunna köpa in elhybrider. Dock tåls det att fundera på om det rent ekonomiskt kan vara värt den extra inköpskostnaden i ett långt perspektiv efter som el är ett betydligt billigare drivmedel jämfört med diesel, precis som Kwon m fl. (2010) påpekar.

Däremot används det idag mobilkranar som är elhybrider. Detta är något som klargjordes i intervjun med fallstudiens leverantör av mobilkranar. NCC:s miljöspecialist menade att det oftast är mindre maskiner som drivs med el. Även om maskinerna är små ska det ändå ses som en viktig åtgärd att alla de mindre maskinerna drivs med el i största möjliga utsträckning såklart. I intervjun med företaget som levererar betongpumpar förklarades det också att de kan drivas till 100 % på el när

pumpen är på plats för användning. I de verksamhetsområden där el-hybrider förekommer bör krav på att sådana typer av maskiner ställas utan tvekan.

5.3.2 Fordonets motor

Ett sätt att minska klimatpåverkan är också att minska bränsleförbrukningen eftersom, som Hansson m fl. (2002) funnit, är utsläppen av koldioxid är direkt linjärt med hur mycket diesel som förbrukas. En minskad motor och minskat varvtal nämner Vukovic m fl. (2017) som möjliga sätt att minska bränsleförbrukningen. Självklart måste en maskin ha tillräckligt med kraft för att kunna göra de arbeten som efterfrågas. Om maskinerna som används får en mindre motor eller går på mindre varvtal kan risken finnas att produktiviteten gå ner. Detta förutsätter dock att maskinerna som används har en rimlig storlek på motorn från början. Ett annat sätt att se på påståendena från Vukovic m fl. (2017) är att det är viktigt att inte välja för stora maskiner. Att använda en stor grävmaskin där en mindre ha räckt gott och väl är med andra ord en dålig idé. Att använda en stor hjullastare för att flytta exempelvis två stycken plankor när en kompakthjullastare hade kunnat göra det till en mycket mindre bränsleförbrukning är en onödig klimatbelastning.

Lindgren m fl. (2002) fann att en steglös växellåda kunde minska utsläppen betydligt. Hjullastaren från denna fallstudie har en automatisk växellåda (Volvo, 2012), medan exempelvis tillverkaren Cat har en steglös växellåda (Cat, 2018). Frågan är hur stor skillnaden är mellan dessa två hjullastare när det kommer till utsläpp, men ett möjligt krav att ställa skulle kunna vara att icke-manuella växellådor används bland de arbetsfordon där detta finns på marknaden. På så vis väljs automatiskt den mest passande växel för fordonet, eftersom föraren ibland kanske väljer fel växel som Lindgren m fl. (2002) beskriver det. Detta är också kopplat till att motorn arbetar på ett optimalt varvtal, precis som Vukovic m fl. (2017) nämnt.

Wetterberg m fl. (2007) nämner att de miljöskadliga utsläppen kan minskas genom NO_x-fällor, ammoniakinsprutning, EGR-system, partikelfilter, oxidationskatalysator och så vidare. Efter beskrivningen av AdBlue i avsnitt 3.5.1 kan det konstateras att detta är en typ av ammoniakinsprutning. Den intervjuade betongpumpföraren berättade även att deras lastbilar och betongpumpbil har ett EGR-system och att även AdBlue används. Även den intervjuade grävmaskinföraren förklarade att de använder sig av AdBlue. Dessa åtgärder är till för att minska utsläppet av partiklar, kolväten och NO_x, som beskrivits av Wetterberg m fl. (2007) och (Salutskij, 2015), och hjälper inte till att minska utsläppen av växthusgaser. Snarare verkar det som att dessa modifikationer bidrar till en extra klimatpåverkan då de kemiska reaktionerna vid användandet av både oxidationskatalysator och Adblue resulterar i att koldioxid skapas (Salutskij, 2015). Det skulle vara olyckligt att åtgärder för att minska utsläpp av miljöskadliga gaser och partiklar samtidigt skadar klimatet ännu mer. Den intervjuade från teleskopentreprenaden menade däremot att de nyare teleskoptruckarna hade en lägre bränsleförbrukning till följd av att Adblue användes. Detta är dock inget som någon av

de andra intervjuade har nämnt. Inte heller artikeln från Saluts kij (2015) berör detta. EURO-klassificeringar är också något som de intervjuade ofta tog upp, men även detta område handlar om utsläpp av bland annat NOx. EURO-klassificeringen tar inte hänsyn till utsläpp av växthusgaser alls, se avsnitt 3.4.

Det tycks även som att de intervjuade inte ser skillnad på de miljöskadliga gaserna och växthusgaser. Trots att försök gjordes till att tydliggöra att klimatpåverkan var i fokus, pratade de intervjuade mest om EURO-klassificeringar, Adblue och andra ting som inte är kopplade till minskade koldioxidutsläpp.

Det råder blandade meningar om nyare maskiner är energisnålare. Tre av de intervjuade tyckte att nyare fordon har högre energieffektivitet, men hur mycket effektivare förblir oklart. Transportchefen på betongpumpsföretaget tyckte det inte är någon skillnad alls. Detta skulle kunna tyda på att utvecklingen går olika fort för olika fordonstyper. Kanske har det stått still i utvecklingen kring energieffektiviteten kring lastbilar och betongpumpar medan den gått framåt för exempelvis mobilkranar. Eftersom det aldrig angavs i intervjuerna hur gamla de äldre maskinerna antogs vara vid frågan om nyare maskiner är mer effektiva kan också vara en anledning till att olika svar fåtts. Vidare nämner ju Wetterberg m fl. (2007) att energieffektiviteten nästan stått still i utvecklingen sedan 1990. Att ställa krav på att de nyaste maskinerna ska användas kan dessutom skapa problem för de mindre företagen som måste behålla sina maskiner en vis tid så att de kan bli avskrivna. Den intervjuade från mobilkransentreprenaden påpekade ju att de ibland kan uppleva oro över att de inte hinner avskrivna maskinerna innan de inte längre håller kraven. Enligt de intervjuade kommer krav på att arbetsfordon ska uppfylla de nya EURO-klassificeringarna relativt ofta. Wetterberg (2002) påpekar att ju äldre ett arbetsfordon är, desto mindre används fordonet. Detta talar för att det är troligast att nyare maskiner förekommer på byggarbetsplatser. Med detta sagt kan det antas att de arbetsfordon som används idag på byggprojekt inte är särskilt gamla. Om det dessutom råder osäkerheter om hur mycket energieffektivare nya arbetsfordon egentligen är kan krav på att nyare maskiner ska användas ses som onödigt.

5.4 Tomgångskörning

Tomgångskörning bör minimeras så mycket det bara går eftersom utsläppen från denna aktivitet är helt onödiga. Även den intervjuade från gräventreprenaden och koordinatören från uthyrning av anläggningsmaskiner menar att minskning av tomgångskörning är en viktig åtgärd för att minska klimatpåverkan. Enligt denna studie gick 26 % av alla fordons totala tid åt till tomgångskörning. Detta innebär att maskinerna i snitt spenderar mer än en fjärdedel av tiden till att inte göra någonting förutom att släppa ut växthusgaser. Grävmaskinerna spenderade nästan lika stor andel av tiden på att tomgångsköra, nämligen 22 % av tiden. Detta kan jämföras med studien av Abolhasani m fl. (2008) där grävmaskinerna gick på tomgång 25 % - 60 % av tiden. Om maskinen står stilla på tomgång utan att den bär på något så är motorn förvisso inte alls lika belastad och utsläppen blir därför inte lika stora som när den utför ett arbete. Abolhasani m fl.

(2008) fann i sin studie att koldioxidutsläppen från tomgångskörning var relativt små, mellan 5 – 10 % av de totala. Dock är utsläppen fortfarande helt i onödan.

Viktigast är att se till de fordonen där stor del av tiden går åt till tomgångskörning. Betongpumpsbilen är viktig eftersom den enligt denna studie gick på tomgångskörning 44 % av tiden, vilket i förhållande till de andra fordonen är en väldigt stor andel av tiden. Föraren påpekade dock att avstängning av motorn mellan leveranserna av betong medför att motorns temperatur kan gå ner. När motorn sedan startas igen och värms upp kan motorn inte riktigt fungera som den ska, menade den intervjuade. Frågan är dock hur kall motorn hinner bli på att vara avstängd under de cirka 10 minuterna som det ibland var mellan betongleveranserna. Detta är dessutom beroende på vilken årstid det är. Kanske kan det motiveras att stänga av betongpumpen mellan leveranserna under åtminstone sommaren, då det är varmare ute.

Fältobservationerna gällande grävmaskiner visade på att tomgångskörningen ofta sker under kortare tidpunkter, cirka 10 - 30 sekunder. Grävmaskinisternas tomgångskörningar kan vara svåra att minska eftersom föraren här inväntar sin kollega som arbetar. Föraren har kanske svårt att avgöra hur länge sin kollega behöver arbeta innan han eller hon behöver hjälp av maskinen igen. De gånger som det observerades att kollegan gick iväg för att hämta material borde däremot maskinen kunna stängas av, eftersom föraren då ofta fick vänta i flera minuter.

Hjullastaren körde på tomgång ganska stor del av tiden, närmare bestämt 29 % av tiden. Detta är över snittet på 26 %. Dock uppstod tomgångskörningen ofta under kortare perioder, cirka 10 – 30 sekunder. Det kan därför vara svårt att motivera att motorn stängs av vid dessa tillfällen. Föraren hinner knappt stänga av motorn innan den behöver användas igen. Produktiviteten riskeras kanske att minska utan att särskilt mycket utsläpp reduceras. Samma sak gäller kompaktlastaren, som dessutom har en mindre motor och därmed inte har lika stor klimatpåverkan.

Både teleskoptrucken och mobilkranen observerades däremot ha ett användningsmönster som tillåter att minskning av utsläpp från tomgångskörning. För det första borde teleskoptrucken kunna ställa ner det föremål som lyfts vid de tillfällen som föraren behövde invänta sina kollegor. På så vis kan motorn stängas av vid längre vänteperioder och därmed minska utsläppen. Trucken observerades nämligen stå stilla med ett föremål lyft under 42 % av tiden. Dessutom observerades trucken gå på tomgångskörning under längre perioder, ibland flera minuter. Denna tomgångskörning motsvarade 25 % av den mätta tiden. Varaktigheten av dessa tomgångskörningar medger att en avstängning av motorn är motiverat. Om föremål som lyfts ställs ner och motorn stängs av vid längre vänteperioder skulle alltså utsläppen från upp till 67 % (25 % + 42 %) av tiden rent teoretiskt kunna reduceras.

Mobilkranen körde 22 % av tiden på tomgångskörning, vilket är under snittet på 26 %. Dock har maskinen störst motor av alla studiens arbetsfordon, motorns effekt är nämligen på 300 kW. Med dessutom en bränsleförbrukning på 25 L/h enligt Erlandsson (2013) är fordonet fortfarande av vikt när det gäller utsläpp, även under tomgångskörning. De gånger som detta fordon gick på tomgång var oftast när de föremål som skulle lyftas monterades fast på kranen eller då leveranser inväntades. Att minska tomgångskörningen under fastmonteringen kan bli svårt eftersom motorn måste vara

igång för att hålla kranen i rätt vinkel vid fastmonteringen av det som ska lyftas. Däremot borde motorn kunna stängas av vid längre tidsperioder av väntan på leveranser. Om en god kommunikation upprättas mellan kranförare och transportörer skulle kranföraren kunna veta om motorn kan stängas av en stund eller om leveransen kommer snart och motorn kan förbli igångsatt.

Att stänga av motorn under kortare perioder, cirka några minuter, för att vänta in leveranser, kollegor etc. känns som en simpel åtgärd för att minska utsläppen. Förarna i denna fallstudie göra dock inte detta och frågan kvarstår varför. En möjlig förklaring är att produktiviteten riskerar att gå ner. Å andra sidan bör kommunikation med kollegor och leveranser kunna tillåta att föraren, som även nämns ovan, stänger av motorn och sätter på den när det kommuniceras att fordonet strax behövs igen. En annan förklaring skulle kunna vara den som den intervjuade betongpumpföraren talade om, nämligen att motorn kallnar om den stängs av. Diskussionen blir likadan som den som gjorts med betongpumpen ovan. Om motorn stängs av under kortare perioder borde motorn inte hinna kallna så mycket. Dessutom borde avsvälningen ske långsammare på sommaren. Vidare forskning borde här utföras gällande hur mycket kallare motorn hinner bli då den stängs av i några minuter samt hur stora problemen för motorn är efter att ha blivit så mycket kallare. Åter igen bör en god kommunikation kunna stoppa problemet med kall motor. Om föraren i tid innan fordonet behövs sätter på motorn hinner denna bli varm tills den ska användas.

Vidare observerades det även i studien att fordonen ibland lämnas på tomgång utan förare under längre tidsperioder. Hjulgrävaren och kompaktlastaren lämnades av sin förare med motorn på tomgång under 15 minuter respektive 23 minuter. Dessutom observerades hjullastaren stå med motorn igång vid ett tillfälle och invänta leverans under 8 minuter. Ett sådant beteende är inte hållbart och bidrar till att helt onödiga utsläpp uppstår. Förarna av arbetsfordonen måste helt enkelt få ett mer klimatsmart tänk. Visserligen finns kurser i eco-driving, som flertalet av de intervjuade entreprenörerna påstår att förarna är utbildade i. Tyvärr verkar det som att det som utbildningen inte gav någon effekt när det kommer till att lämna maskinerna på tomgång. Det observerades även att förare kunde sitta och titta på mobiltelefonen med motorn på i väntan på att en ny arbetsuppgift skulle dyka upp. Även här borde motorn stängas av. Kanske krävs här att platsledning eller chefer inom respektive entreprenadföretag försöker informera om vikten kring att stänga av arbetsfordon när de inte används. Det finns ju en ekonomisk vinning i det också, nämligen minskad bränsleåtgång.

Den intervjuade betongpumpföraren menade även att motorn tar skada om den stängs av och sätts på ofta. Detta kan jämföras med Taylor (2003) som menade att fler start och stopp av motorn sliter bland annat på batteriet vilket innebär ökade kostnader. Däremot minskar ju även bränsleförbrukningen, så på så vis sparas ju även pengar. Taylor (2003) påstod att en av stängning av motorn är ekonomiskt motiverat om tomgångskörningen annars skulle varat i mer än 45 sekunder. Detta innebär att det, ur ekonomisk synpunkt, inte är värt att stänga av motorn för de korta perioder på 10 – 30 sekunder av tomgångskörning som förekom bland vissa arbetsfordon. Däremot är det motiverat att stänga av motorn under de perioder av tomgångskörning som vara längre än 45 sekunder.

Vidare finns det idag arbetsfordon med automatisk avstängning av motorn vid längre tomgångskörningar, även benämnda "auto-idle" i avsnitt 3.5.5. Denna funktion skulle vara till stor hjälp för att minska de längre tomgångskörningarna. Framför allt skulle detta sätta stopp för utsläppen från de tillfällen då fordonet lämnats med motorn på. Även de tillfällen då förare sitter kvar i fordonet under längre tidsperioder och inväntar leveranser eller helt enkelt tittar på mobilen, som observerats i denna studie, kan denna "auto-idle"-funktion komma väl till hands. Enligt Volvo (2018b) stängs motorn av först efter 4 minuter av tomgångskörning. Detta gäller visserligen endast för Volvos maskiner, men chansen är att de resterande tillverkarna använder sig av samma tidsperiod innan motorn stängs av. För att minska tomgångskörningarna på ett par minuter, exempelvis då material hämtas av en kollega, måste dock föraren manuellt stänga av motorn.

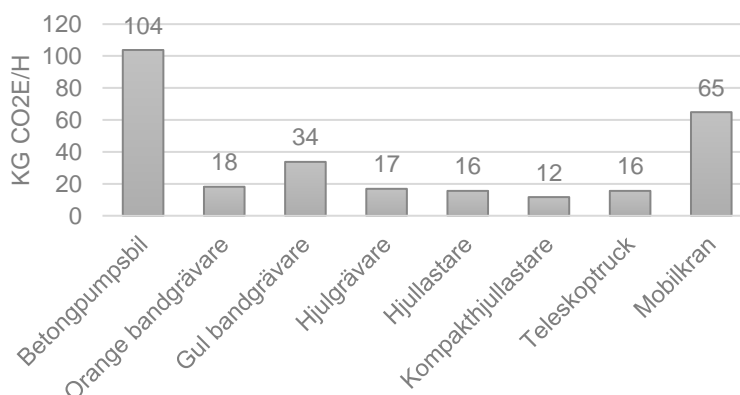
6 Slutsats

Nu kopplas det som analyserats och diskuterats i avsnitt 5 ihop med studiens frågeställningar från avsnitt 1. De frågeställningar som denna studie svarat på är

1. Vilken klimatpåverkan har arbetsfordon på en byggarbetsplats uttryckt i koldioxidekvivalenter?
2. Vilka krav kan ställas på underentreprenörer för att minska klimatpåverkan från arbetsfordon?

Precis som Liljenström och Malmqvist (2015) påpekar ses idag klimatpåverkan från byggprocessen som mycket viktigare än förut. Utsläppen från arbetsfordonen kan dock generellt ses som en relativt liten del av byggbranschen klimatpåverkan. Enligt denna studies analys kan utsläppen från arbetsfordonen så för så lite som 0,17 % av klimatpåverkan under ett byggprojekts livscykel.

Vid beräkning av klimatpåverkan från arbetsfordonens utsläpp fås skillnader beroende på om EKV1 eller EKV2 används. Vid användande av EKV2 måste resultaten justeras med verkningsgraden. Denna studie rekommenderar att beräkning av klimatpåverkan sker med hjälp av bränsleförbrukningen eftersom koldioxidutsläppen motsvarar i princip all klimatpåverkan vid förbränning i en motor och koldioxidutsläppen står i direkt förhållande till bränsleförbrukningen. Arbetsfordonens bränsleförbrukning kan dock vara svår att bestämma eftersom den varierar mycket beroende på vilken arbetsoperation som utförs. För att beräkna klimatpåverkan från fallstudiens arbetsfordon används bränsleförbrukningen som förarna angett. För de fordon där förarna ej kunde gissa bränsleförbrukningen har siffror från Erlandsson (2013) använts. Resultatet visas nedan i figur.



Figur 19. Studiens slutliga siffror gällande respektive arbetsfordons klimatpåverkan uttryckt i kilogram koldioxidekvivalenter per timme (kg CO2e/h).

Först och främst bör krav ställas på att samtliga underentreprenörer mäter och rapporterar mängden förbrukat bränsle, eftersom detta förenklar beräkning av klimatpåverkan och dessutom möjliggör mätning av de effekter som eventuella klimatsmarta åtgärder ger. För att minska klimatpåverkan kan förnyelsebara drivmedel användas till att driva arbetsfordonen på en byggarbetsplats. Viktigt är dock att se till utsläppen från drivmedlets hela livscykelperspektiv. HVO och FAME är två typer av biodiesel som kan ställas som krav att de används, där HVO är den mest rekommenderade. Krav på att 100 % rent HVO används i tanken bör ställas på de underentreprenörer som kan få godkänt från fordonstillverkarna att tanka rent HVO. Därtill bör ytterligare ett krav ställas vid användningen av biodiesel, nämligen att råvarorna för tillverkningen kommer från avfall och restprodukter. Annars riskerar klimatpåverkan att inte minskas. Att använda el som drivmedel ger utan tvekan minst klimatpåverkan och bör användas som drivmedel i största möjliga utsträckning. Den svenska elmixen ger väldigt lite utsläpp i förhållande till den europeiska elmixen och det går som företag att till och med ställa krav på hur elen som köps in ska vara producerad. Krav bör därför ställas här är att el som används till att driva arbetsfordonen är producerad från 100 % förnyelsebara källor, så som sol-, vind eller vattenkraft. På så vis kan varje enhet energi som tidigare kom från diesel minskas med hela 100 %. El-hybrider finns idag bland betongpumpar och mobilkranar och företag verksamma med dessa typer av fordon bör ha som krav på sig att el-hybrider används. Resterande fordonstyper som observerats i denna fallstudie finns idag inte som el-hybrider. Utvecklingen bör dock följas eftersom det troligtvis inte är lång tid kvar innan el-hybrider lanseras på marknaden även för dessa typer av fordon.

Ett krav som bör ställas på alla underentreprenörer är att arbetsfordonen som används inte ska vara för stora för det arbete som utförs. Finns det ett mindre fordon med en mindre motor som kan utföra samma arbete med lika hög effektivitet ska detta fordon istället användas. Hjulastare, och även andra arbetsfordon där tekniken är applicerbar, bör ha en steglös växellåda. På så vis jobbar motorn på en effektiv växel med ett bra varvtal. Att nyare maskiner är energieffektivare än äldre är möjligt, men studien har däremot inte funnit hur mycket bränsle som skulle kunna sparas om nyare maskiner användes. Dessutom ställs redan krav på att arbetsfordonen ska uppfylla relativt nya EURO-klassificeringar, vilket medför att nyare maskiner automatiskt redan används på byggprojekt idag. Att dessutom ställa krav på att underentreprenören ska använda nya maskiner anses därför onödigt. Om krav ställs på att exempelvis EGR-system och Adblue ska användas eller att arbetsfordonet ska uppfylla nya EURO-klassificeringar är bra för att minska miljö- och hälsofarliga partiklar. Dessa krav hjälper däremot inte till att minska klimatpåverkan.

Minskning av tomgången ses som en viktig åtgärd för att minska klimatpåverkan från arbetsfordonen, åtminstone enligt några av de intervjuade. I denna studie körde arbetsfordonen i snitt 26 % av tiden på tomgång. Betongpumpsbilen spenderade 44 % av tiden tomgångskörandes och därmed den typ av fordon som överlagset har störst andel tomgångskörning. Att förhindra de kortare tomgångskörningarna på cirka 10 – 30 sekunder, som förekom mest bland grävmaskiner och hjullastare, är svårt. Däremot kan

längre tomgångskörningar motverkas. Förare behöver ändra sitt beteende när det kommer till att lämna fordonen på tomgång under längre tidsperioder. Krav borde ställas på att motorn ska stängas av om föraren misstänker att fordonet inte kommer användas på mer än cirka 45 sekunder. Exempel på situationer när motorn bör stängas av är om kollegan ska hämta material eller om föraren helt enkelt måste lämna fordonet. Teleskoptrucken bör placera sitt lyfta föremål vid längre väntetider för att kunna stänga av motorn. För de andra typerna av fordon bör krav ställas på att fordonet har automatisk avstängning av motorn vid längre tomgångskörning, eftersom detta i alla fall kan motverka tomgångskörningar som varar längre än cirka fyra minuter. Detta gäller åtminstone de arbetsfordon där sådan teknik finns tillgänglig på marknaden, det vill säga hjullastare och grävmaskiner. Även om ett ökat antal på- och avstängningar av motorn innebär slitage är det fortfarande ekonomiskt motiverat att stänga av motorn om föraren misstänker att fordonet inte behövs inom cirka 45 sekunder eftersom bränsleförbrukningen också minskar.

6.1 Fortsatt forskning

Fortsatt forskning bör göras kring hur avstängning av motorn påverkar utsläpp och slitage av motorn. Frågor kring hur snabbt en motor kyls av och vilken påverkan en kallare motortemperatur har gällande arbetsfordon måste redas ut. Även slitaget kring fler på- och avstängningar av motorn tåls att studeras mer.

Forskning kring arbetsfordonens användning är också en viktig punkt. Hur länge varar tomgångskörningarna bland arbetsfordonen? Går det att ändra arbetsmönstret för maskinerna så att de går på mindre tomgångskörning? Detta är förslag på frågor som borde redas ut.

6.2 Diskussion av studiens resultat och tillvägagångssätt

Studien är gjord som en fallstudie, vilket begränsar möjligheten att kunna dra generella slutsatser. Diskussion kring hur generella slutsatserna från en fallstudie kan vara ges i kapitel 2.4. I denna studie gjordes längre intervjuer endast med en person per underentreprenör. Att intervjua flera personer från samma företag eller att intervjua fler underentreprenörer inom samma verksamhetsområde hade gett en mycket bredare bas av information och studien hade kunnat ses som mer generell. Fler intervjuer hade dessutom kunnat ge en högre reliabilitet.

Vidare var det svårt att veta vilka frågor som borde ställas till de intervjuade. Litteraturstudien gjordes som en typ av förstudie inför intervjuerna. Visserligen tar litteraturstudien upp många av de åtgärder som kan vidtas för att göra arbetsfordon mer

klimatsmarta, men under intervjuerna dök andra intressanta punkter upp som inte litteraturstudien behandlat. Hur användningen av Adblue påverkar bränsleförbrukningen är ett exempel. En del ting som dök upp under några av de sista intervjuerna hade varit bra att kunna fråga de tidigare intervjuobjekten om. För övrigt finns det väldigt mycket litteratur kring hållbarhet och bland annat biobränslen. Att hitta och välja både relevanta och pålitliga källor kunde ibland vara svårt och risken finns att viktig forskning gällande studiens område har missats.

En annan punkt som kan diskuteras är hur presentabla tidmätningarna är för de olika fordonen. Tidmätningarna gjordes under endast en timme vid fem olika tillfällen, vilket kan ses som förhållandevis lite datainsamling för att få en korrekt bild av hur arbetsfordonen används. Vissa fordon tidmättes till och med bara vid ett tillfälle. Att göra fler och längre tidmätningar hade gett en mycket högre reliabilitet. Tyvärr fanns inte tid för fler tidmätningar. Dessutom observerades endast de arbetsmoment som pågick under de fem mättillfällena. Kanske hade exempelvis andelen tomgångskörning varit annorlunda om fordonen observerats under projektets alla olika arbetsmoment.

7 Referenser

- Abolhasani, S. o.a., 2008. Real-World In-Use Activity, Fuel Use, and Emissions for Nonroad Construction Vehicles: A Case Study for Excavators. *Technical Paper*, augusti.
- Adalberth, K., 1999. *Energy Use in Multi-Family Dwellings during their Life Cycle*, u.o.: u.n.
- Bell, J., 2000. *Introduktion till forskningsmetodik*. 3:e upplagan red. u.o.: Studentlitteratur.
- Boverket, 2009. *boverket.se*. [Online]
Available at:
http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2009/bygg_och_fastighet_ssektorns_miljopaverkan.pdf
[Använd 6 mars 2018].
- Boverket, 2015. *boverket.se*. [Online]
Available at:
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/byggnaders-klimatpaverkan-utifran-ett-livscykelperspektiv.pdf>
[Använd 5 mars 2018].
- Boverket, 2017. *boverket.se*. [Online]
Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>
[Använd 7 februari 2018].
- Bryman, A., 2002. *Samhällsvetenskapliga metoder*. 1:3 red. u.o.: Liber.
- Cole, R. J., 1998. Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. *Building and Environment*.
- Edwards, R., Larvie, J.-F., Rickeard, D. & Weindorf, W., 2014. *ec.europa.eu*. [Online]
Available at: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/well-tank-report-version-4a-jec-well-wheels-analysis>
[Använd 12 februari 2018].
- EEA, 2017. *eea.europa.eu*. [Online]
Available at: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment>
[Använd 26 mars 2018].

- Energimyndigheten, 2016. *energimyndigheten.se*. [Online]
Available at: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/el-och-fjarrvarme/>
[Använd 26 mars 2018].
- Energimyndigheten, 2017. *energimyndigheten*. [Online]
Available at:
[http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxth
usgasutslapp/](http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxth
usgasutslapp/)
[Använd 26 mars 2018].
- Energirådgivningen, 2016. *energiradgivningen.se*. [Online]
Available at: <https://energiradgivningen.se/klimat/anvand-fornybara-drivmedel>
[Använd 7 februari 2018].
- Erlandsson, 2013. *ivl.se*. [Online]
Available at:
<http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b7730/1449742362028/C9.pdf>
[Använd 27 mars 2018].
- EU-Kommissionen, 2014. *ec.europa.eu*. [Online]
Available at: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/SV/1-2014-445-SV-F1-1.Pdf>
[Använd 5 mars 2018].
- EU-kommissionen, 2017. *europa.eu*. [Online]
Available at: [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-12-787_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-787_en.htm)
[Använd 21 mars 2018].
- Flodström, E., Sjödin, Å. & Gustafsson, T., 2004. *smed.se*. [Online]
Available at: http://www.smed.se/wp-content/uploads/2011/05/SMED_Rapport_2004_2.pdf
[Använd 8 mars 2018].
- Fridell, E., 2008. [Online]
[Använd 10 mars 2018].
- Geng, P., Cao, E., Tan, Q. & Wei, L., 2017. Effects of alternative fuels on the combustion characteristics and emission products from diesel engines: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volym 71.
- Ghazali, W. N. M. W., Mamat, R., Masjuki, H. & Najafi, G., 2015. Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volym 51.
- Guggemos, A. A. & Horvath, A., 2016. Decision-Support Tool for Assessing the Environmental Effects of Constructing Commercial Buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 12(4), pp. 187-195.
- Halvorsen, K., 1992. *Samhällsvetenskaplig metod*. 1:20 red. Lund: Studentlitteratur.

- Hitachi, 2018. *hitachicm.com*. [Online]
Available at: <https://www.hitachicm.com/global/environment-csr/environmentally-friendly-products/electric-construction-machinery/>
[Använd 22 mars 2018].
- Holme, I. M. & Solvang, B. K., 1997. *Forskningsmetodik*. Andra upplagan red. u.o.:Studentlitteratur.
- Hong, J. o.a., 2014. Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: a case study in China. *Journal of cleaner production*, 20 november, 103(2015), pp. 249-259.
- ICCT, 2016. *theicct.org*. [Online]
Available at: <https://www.theicct.org/publications/technical-summary-euro-6vi-vehicle-emission-standards>
[Använd 19 februari 2018].
- ICCT, 2018. *theicct.org*. [Online]
Available at: <https://www.theicct.org/publications/cost-effectiveness-of-fuel-efficiency-tech-tractor-trailers>
[Använd 19 februari 2018].
- IPCC, 2007. *ipcc.ch*. [Online]
Available at: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains1.html
[Använd 5 mars 2018].
- IPCC, 2012. *ipcc.ch*. [Online]
Available at: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf
[Använd 5 mars 2018].
- IPCC, 2014a. *ipcc.ch*. [Online]
Available at: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
[Använd 2 mars 2018].
- IPCC, 2014b. *ipcc.ch*. [Online]
Available at: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIAR5-PartA_FINAL.pdf
[Använd 2 mars 2018].
- ISO, 2017. *iso.org*. [Online]
Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:8178:-4:ed-3:v1:en>
[Använd 7 mars 2018].
- Johnson, E., 2017. A carbon footprint of HVO biopropane. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, Volym 11, p. 887–896 .
- Kellner, J., 2017. *Klimat - Energi - Hållbarhet: Är byggsektorn en miljöbov*. u.o.:Balkong förlag.

Komatsu, 2017. *komatsu.eu*. [Online]

Available at: <https://www.komatsu.eu/en/Komatsu-Hybrid-Technology>

[Använd 22 mars 2018].

Krahl, J., Munack, A., Schröder, O. & al., H. S. e., 2003. Influence of Biodiesel and Different Designed Diesel Fuels on the Exhaust Gas Emissions and Health Effects. *SAE Technical Paper*.

Kwon, T.-S.o.a., 2010. Power Control Algorithm for Hybrid Excavator With Supercapacitor. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, juli. Volym 46.

Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, K., 2016.

sverigesbyggindustrier.se. [Online]

Available at: https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/sv/energi--miljo/ny-rapport-om-byggandets-klimatpaverkan_1129

[Använd 5 mars 2018].

Liljenström, C. & Malmqvist, T., 2015. *Sverigesbyggindustrier.se*. [Online]

Available at: <https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/sv/byggandetsklimat>

[Använd 06 02 2018].

Lin, C.-Y. & Lin, H.-A., 2006. Diesel engine performance and emission characteristics of biodiesel produced by the peroxidation process. *Fuel*, pp. 298-305.

Lindgren, M., 2007. *pub.epsilon.slu.se*. [Online]

Available at: https://pub.epsilon.slu.se/3791/1/lindgren_m_091217.pdf

[Använd 21 februari 2018].

Lindgren, M., Petterson, O., Hansson, P.-A. & Noren, O., 2002. *jti.se*. [Online]

Available at: <http://www.jti.se/uploads/jti/R-308JTI.LT.pdf>

[Använd 21 februari 2018].

Lin, T., Wang, Q., Hu, B. & Gong, W., 2010. Development of hybrid powered hydraulic construction machinery. *Automation in Construction*, Volym 19, pp. 11-19.

Mao, C., Shen, Q., Shen, L. & Tang, L., 2012. Comparative study of greenhouse gas emissions between off-site prefabrication and conventional construction methods: Two case studies of residential projects. *Energy and buildings*.

Meher, L., Sagar, D. V. & Naik, S., 2004. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, september, Volym 10, p. 248–268.

Min-Seop, S., Taeyeon, K., Goopyo, H. & Hyungkeun, K., 2016. On-Site Measurements of CO2 Emissions during the Construction Phase of a Building Complex. *Energies*, 28 July.

Mosarof, M. o.a., 2016. Optimization of performance, emission, friction and wear characteristics of palm and Calophyllum inophyllum biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, Volym 118, pp. 119-134.

Nationalencyklopedin, 2018(a). *ne.se/klimatförändring*. [Online]

Available at:

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/klimatförändring>

[Använd 9 februari 2018].

Nationalencyklopedin, 2018(b). *ne.se/koldioxid*. [Online]

Available at: [koldioxid](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/koldioxid). <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/koldioxid>

[Använd 9 februari 2018].

Nationalencyklopedin, 2018c. *ne.se/metan*. [Online]

Available at: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/metan>

[Använd 9 februari 2018].

Nationalencyklopedin, 2018d. *ne.se/dikväveoxid*. [Online]

Available at:

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/dikväveoxid>

[Använd 9 februari 2018].

Nationalencyklopedin, 2018e. *ne.se/vaxthuseffekten*. [Online]

Available at:

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vaxthuseffekten>

[Använd 9 februari 2018].

Nationalencyklopedin, 2018f. *ne.se/ozon*. [Online]

Available at: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/ozon>

[Använd 9 februari 2018].

Nationalencyklopedin, 2018g. *ne.se*. [Online]

Available at: [https://www-ne-](https://www-ne-se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/klimat)

[se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/klimat](https://www-ne-se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/klimat)

[Använd 5 mars 2018].

Nationalencyklopedin, 2018h. *ne.se*. [Online]

Available at: [https://www-ne-](https://www-ne-se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/miljöklimatförändring)

[se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/miljöklimatförändring](https://www-ne-se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/miljöklimatförändring)

[Använd 6 mars 2018].

Naturskyddsföreningen, 2017. *naturskyddsforeningen.se*. [Online]

Available at: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-vaxthuseffekten>

[Använd 6 februari 2018].

Naturvårdsverket, 2007. *naturvardsverket.se*. [Online]
Available at: <http://naturvardsverket.se/Global-meny/Sok/?query=arbetsfordon>
[Använd 20 februari 2018].

Naturvårdsverket, 2017. *naturvardsverket.se*. [Online]
Available at: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>
[Använd 19 februari 2018].

Naturvårdsverket, 2018. *naturvardsverket.se*. [Online]
Available at: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-bli-det-varmare/Andra-vaxthusgaser/>
[Använd 9 februari 2018].

NCC, 2018a. *ncc.se*. [Online]
Available at: <https://www.ncc.se/om-ncc/om-koncernen/organisation/>
[Använd 16 februari 2018].

NCC, 2018b. *ncc.se*. [Online]
Available at: <https://www.ncc.se/om-ncc/om-koncernen/var-historia/historisk-resume/>
[Använd 16 februari 2018].

No, S.-Y., 2014. Application of hydrotreated vegetable oil from triglyceride based biomass to CI engines – A review. *Fuel*, Volym 115, p. 88–96.

Patel, R. & Davidson, B., 2003. *Forskningsmetodikens grunder*. Tredje upplagan red. u.o.:Studentlitteratur.

Regeringen, 2017. *regeringen.se*. [Online]
Available at: <http://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/>
[Använd 06 februari 2018].

Sadeghinezhad, E. o.a., 2013. A comprehensive review of bio-diesel as alternative fuel for compression ignition engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volym 28.

Svenska Petroleum och Biodrivmedelinstitutet, 2011. *spbi.se*. [Online]
Available at: <http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/dieselbransle/>
[Använd 19 mars 2018].

Svenska Petroleum och Biodrivmedelinstitutet, 2017. *spbi.se*. [Online]
Available at: <http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/dieselbransle-och-kyla/>
[Använd 19 mars 2018].

Svensson, P.-G. & Starrin, B., 1996. *Kvalitativa studier i teori och praktik*. !:17 red. Lund: Studentlitteratur.

Tang, P., Cass, D. & Mukherjee, A., 2013. Investigating the effect of construction management strategies on project greenhouse gas emissions using interactive simulation. *Journal of cleaner production*.

- Valent, O. S. o.a., 2010. Fuel consumption and emissions from a diesel power generator fuelled with castor oil and soybean biodiesel. *Fuel*, 89(12), pp. 3637-3642.
- Wang, D. o.a., 2009. Performance analysis of hydraulic excavator powertrain hybridization. *Automation in Construction*, Volym 18, pp. 249-257.
- Wang, J. o.a., 2016. A comprehensive overview of hybrid construction machinery. *Advances in mechanical engineering*, 8(3), pp. 1-15.
- Westlund, P. o.a., 2014. *Sverigesbyggindustrier.se*. [Online]
Available at: https://publikationer.sverigesbyggindustrier.se/sv/energi--miljo/klimatpaverkan-fran-byggprocessen_933
[Använd 06 02 2018].
- Wetterberg, C., 2002. *jtl.se*. [Online]
Available at:
<http://www.jti.se/index.php?page=publikationsinfo&publicationid=201&returnto=149>
[Använd 21 februari 2018].
- Wetterberg, C., Magnusson, R., Lindgren, M. & Åström, S., 2007. *pub.epsilon.slu.se*. [Online]
Available at: https://pub.epsilon.slu.se/3786/1/wetterberg_et_al_091217.pdf
[Använd 9 mars 2018].
- Wu, F., Wang, J., Chen, W. & Shuai, S., 2008. A study on emission performance of a diesel engine fueled with five typical methyl ester biodiesels. *Atmospheric Environment*, 43(7), pp. 1481-1485.
- Vukovic, M., Leifeld, R. & Murrenhoff, H., 2017. Reducing Fuel Consumption in Hydraulic Excavators—A Comprehensive Analysis. *Energies*, Volym 10.
- WWF, 2017a. *wwf.se*. [Online]
Available at: <http://www.wwf.se/wwfs-arbete/klimat/mansklig-paverkan/1124268-mansklig-paverkan-klimat>
[Använd 9 februari 2018].
- WWF, 2017b. *wwf.se*. [Online]
Available at: <http://www.wwf.se/wwfs-arbete/klimat/konsekvenser/1124276-konsekvenser-klimat>
[Använd 12 februari 2018].
- Xue, J., Grift, T. E. & Hansen, A. C., 2011. Effect of biodiesel on engine performances and emissions. Volym 15.
- Yasin, M. H. M. o.a., 2017. Potentials of palm oil as new feedstock oil for a global alternative fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volym 79.

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1

8.1.1 Intervju 1 – Miljöspecialist NCC

Denna intervju gjordes med en av NCC Buildings miljöspecialister. Personen arbetar bland annat med miljöledning och ISO 14001-certifiering. Om ett företag är certifierat enligt ISO 14001 visar det på att det arbetas strukturerat med att minska miljöpåverkan och att åtgärder tas. Bland annat tas det fram mål och handlingsplaner som i slutändan ska minska organisationens miljöpåverkan. En ny uppdatering av ISO-certifiering kom år 2015 och NCC har precis blivit licensierade enligt denna uppdatering. Bland annat ska mer fokus ska läggas på transporter. Den intervjuade menar att det fram till idag har varit svårt att ställa krav på klimatpåverkan och koldioxidutsläpp när det kommer till transporter och underentreprenörers fordon. Oftast ställs krav på andra utsläpp som är direkt skadliga för människan. Miljöspecialisten förklarar vidare att NCC använder sig av ramavtal. Det kan vara svårt att sätta hårda krav i dessa eftersom ramavtalen ska kunna användas vid upphandling hos alla projekt i hela landet. Istället gäller det att lägga en ”bra lägstanivå”. Vidare ska den senaste versionen av ISO 14001-certifieringen inkludera livscykelanalyser, vilket kommer medföra att NCC även kommer ställa krav på LCA mot sina underleverantörer och underentreprenörer. NCC har dessutom en plattform som kallas ”Grönt byggande”, där alla projekt större än 50 miljoner kr ska tänka miljövänligt. Exempelvis ska elen vara miljömärkt.

Ett krav som är på väg att ställas i NCC:s ramavtal är att underleverantörer och underentreprenörer ska använda bränsle som delvis är förnyelsebart. Inget är bestämt ännu, men 20 % förnyelsebart bränsle är en siffra som har varit på tal, berättar den intervjuade. Det förklaras vidare att det idag finns många olika förnyelsebara bränslen att välja mellan och att företaget inte vill ställa krav på något specifikt bränsle i ramavtalen. Detta beror på att dessa avtal ska gälla flertalet år framöver och det vore dumt att låsa in kravet på ett bestämt förnyelsebart bränsle om något annat bättre dyker upp under de kommande åren. Den intervjuade berättar även att det vid utformningen utav ramavtalen förs en dialog med leverantörer och underentreprenörer. Dessa aktörer känner att kraven som ställs är rimliga och de känner sig manade att arbeta med att kunna minska miljöpåverkan. I intervjun berättas att det finns utmaningar med att följa upp att underentreprenörer uppnår kraven som ställs. Det kommer bland annat samlas in produktdatablad gällande det använda bränslet och data över hur mycket bränsle som används. På frågan om det ses till klimatpåverkan från bränsleproduktionen när valet av

förnyelsebart bränsle görs fås svaret att detta är en punkt som eventuellt kan bli av större vikt i framtiden. Just nu är det tillräckligt med att bränslet är klassat som förnyelsebart enligt Energimyndigheten.

Elfordon och eldrivna maskiner är något som förekommer redan på byggarbetsplatser, berättas i intervjun. Mestadels handlar det om mindre fordon och maskiner, men det påpekas att tornkranar och mobilkranar är eldrivna. Den intervjuade tror även att möjligheterna att få de flesta större arbetsmaskinerna, som till exempel grävmaskiner och bormaskiner, drivna på el är goda.

Många av de moderna maskinerna har idag inbyggda datorer som kan ge information gällande exempelvis utsläpp och bränsleförbrukning. Dock finns det inte någon välfungerande standard för behandling av denna information, menar den intervjuade.

Vidare förklaras att det idag inte finns några krav när det kommer till utsläpp som är kopplade till klimatpåverkan. EURO-klassificeringar av fordon ställer NCC krav på, men det påpekas att dessa inte har med växthusgaser att göra, utan gäller andra utsläpp. Däremot finns det certifieringar som ställer krav när det kommer till detta ämne. BREAM har idag krav på att det utförs livscykelanalyser, men har ingen detaljerad information om klimatpåverkan från arbetsfordonen ska tas hänsyn till vid en sådan analys.

8.1.2 Intervju 2 – Förare betongpumpsbil

Denna intervju gjordes med en av betongpumpsförarna och intervjun blev väldigt spontan och ostrukturerad eftersom den inte var förberedd. Föraren berättar att betongpumpsbilen som användes just denna dag var EURO 6 klassad och var driven på 100 % HVO. De senaste två åren har bilen varit driven på HVO. Den intervjuade menar att HVO innehåller mindre energi än konventionell diesel, men pekar samtidigt på att HVO har högre cetantal. Enligt föraren kan HVO minska koldioxidutsläppen med 90 %. HVO bränsle har inte orsakat problem, men föraren menar att det finns problem med FAME däremot. I lastbilar som använt FAME har det förekommit svamp tillväxt i bränsletankarna. RME en typ av FAME som orsakat många problem och används knappt längre idag, menar den intervjuade. Det kan dock uppstå problem med att få tag i HVO, berättar föraren vidare. Det är nämligen idag svårt att få tag på råvaror att kunna tillverka HVO.

Lastbilen har ett EGR-system för att på så vis minska utsläpp och använder dessutom tillsatsen Adblue i avgassystemet, vilket minskar kväveoxider. Vidare påpekar föraren att det finns ett direkt förhållande mellan bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp. Enligt föraren jobbar företaget med att ha bilar med moderna EURO-klasser eftersom de annars inte är tillåtna att köra i miljözonerna i innerstan. Klasser under EURO 5 är ej tillåtna i dessa miljözoner, menar den intervjuade. EURO 5 är godkända i miljözonerna till och med år 2020 i alla fall. Att bygga om en lastbil till en högre EURO-klass tror föraren kostar cirka 100 000 till 200 000 kr, medan en helt ny

lastbil rimligtvis kostar 5,5 miljoner kr. Det är alltså mer värt att bygga om lastbilen istället för att köpa in en ny.

Betongpumpsbilen står ibland och går på tomgång medan den väntar på att nästa lastbil med betong kommer. Vid frågan om avstängning av betongpumpsbilen mellan leveranserna kan minska utsläppen svarar föraren att det är tveksamt. Enligt den intervjuade slits motorn om den stängs av och sätts på ofta. Oljan i motorn fungerar bäst när motorn är varm och det finns risk att den hinner kallna om motorn stängs av. Däremot, förklarar föraren, finns det betongbilar med batteridrivna roterare. När betongbilen kommer till byggarbetsplatsen kan bilens motor stängas av och roteraren som blandar betongen kan drivas med el för att minska utsläppen på plats. Dock har bilen ta mindre betong på grund av att batteriet väger mycket.

8.1.3 Intervju 3 – Underentreprenör grävmaskiner

Denna entreprenad är en liten firma med 6 stycken anställda och är verksam inom grundläggning, mark och anläggning. Företaget mäter inte sina koldioxidutsläpp, men mäter bränsleförbrukningen från de arbetsfordonen som används. Ingen biodiesel används i maskinerna eftersom det ofta är långt till närmsta ställe där biodiesel går att tanka. För övrigt vet inte den intervjuade om det är möjligt att tanka exempelvis 100 % HVO i grävmaskinerna, det är något som måste dubbelkollas med maskintillverkaren. Den intervjuade berättar att el-hybrider inte heller används i företaget och att det idag inte finns några sådana på marknaden som kan utföra de arbeten som företaget tar på sig. Vidare förklaras att de nyare maskinerna drar en aning mindre bränsle, men måste samtidigt också tankas med AdBlue, vilket gör att driftkostnaden blir ungefär den samma. För övrigt är de anställda i företaget utbildade inom bland annat ekokörning av fordonen. På frågan om det finns andra sätt att minska koldioxidutsläppen från grävmaskiner föreslår den intervjuade att minimering av tomgångskörningen är en möjlig åtgärd. Vidare ställs det vid kontraktering nästan alltid krav på att arbetsfordonen minst ska uppfylla EURO 3B. På frågan om det brukar vara svårt att uppfylla kraven menar den intervjuade att maskinerna ofta måste bytas ut efter cirka fem år, eftersom deras EURO-klass då ofta är för utdaterad för att kunna ta på sig de flesta jobb. Detta gäller framför allt för arbeten inne i staden.

8.1.4 Intervju 4 – Underentreprenör mobilkranar

Företaget mäter idag inte sina koldioxidutsläpp, men den intervjuade berättar att de nyare maskinerna i företagens maskinpark har inbyggd teknik för att kunna utföra en sådan mätning. Vidare förklaras att ingen datainsamling av arbetsfordonens bränsleförbrukning sker heller. Fordonen tankas med vanlig diesel och ingen biodiesel används. Den intervjuade förklarar att de biodiesel som idag finns på marknaden inte fungerar så bra när de används i företagets maskiner, biodiesel ”gör mer skada än nytta”.

Hade det funnits en fungerande typ av biodiesel hade företaget gärna använt det. När det kommer till er-hybrider äger företaget flera stycken, de är de nyare maskinerna som är av den typen. Dessa maskiner är kranbilar och mobilkranar som drivs av el när de ställs upp på plats på byggarbetsplatsen. Den intervjuade svarar även att de nyare maskinerna anses ha en lägre bränsleförbrukning och därmed en högre energieffektivitet. Däremot utbildas inte förarna i någon form av eco-driving eller liknande. Vidare jobbar företaget hårt för att få bli ISO-certifierade. Den intervjuade upplever samtidigt att det ställs att högre och striktare krav från beställare, huvudentreprenörer etc. Om arbeten ska utföras i storstäder krävs det idag EURO VI-klassade fordon. Den intervjuade tycker ibland att det kan vara svårt för företaget att kunna uppfylla de krav som ställs idag gällande miljö. Samtidigt som striktare krav ställs måste ju företaget också använda de lite äldre maskinerna också användas så att de kan avskrivas. Slutligen vill den intervjuade påpeka att det är viktigt att minska utsläppen från transporter till och från byggarbetsplatsen och att företaget där har en fördel eftersom de finns på flera ställen i landet.

8.1.5 Intervju 5 – Transportchef leverantör av betong och betongpumpar

Enligt hemsidan har företaget idag cirka 200 anställda. De mäter inte sina koldioxidutsläpp, men det berättas att betongpumpsbilarna drar cirka 0,6 liter diesel per kubikmeter pumpad betong. Vidare förklarar den intervjuade att fordonen i företaget tankas i så stor utsträckning det bara går med HVO. Oftast finns det tillgängligt att tanka, men finns det ej i närheten tankas annan biodiesel. Företaget har inte haft några problem med drivmedlet HVO. Däremot har RME, en typ av FAME, använts, men då uppstod en del problem med fordonen. Tankar i fordonen slammade igen och ibland var det problem vid låga utomhustemperaturer. Det påpekas att det dock var några år sedan RME användes och den intervjuade inte vet hur väl RME fungerar idag. För övrigt förklaras att företaget försöker ha de modernaste fordonen som finns på marknaden. Idag använder företaget betongpumpsbilar som går att driva med el om det kopplas in på byggarbetsplatsen där det ska gjutas. Den intervjuade tycker däremot inte att det finns någon märkbar skillnad mellan de nyare och de lite äldre fordonen när det kommer till energieffektivitet. Företagets förare utbildas i eco-driving vid en utbildning som ger ett yrkeskompetensbevis inom trafik (YKB). På frågan hur den intervjuade tror man kan minska klimatpåverkan från arbetsfordonen fås svaret att det gäller att tanka rätt drivmedel och ha uppföljning på de åtgärder som utförs. Företaget har även börjat använda sig av så kallade "Trailers" där betongbilarna för med sig dubbelt så mycket betong med hjälp av ett extra släp. På så vis minskas utsläppen från transporterna. Det påpekas även att år 2021 kommer kravet på att alla arbetsfordon ska vara klassade som EURO 6. Idag är EURO 5 ett grundkrav på de flesta byggarbetsplatser. Den intervjuade säger däremot att det idag inte ställs några krav på företaget när det gäller koldioxidutsläpp. Slutligen förklarar att företaget inte har några problem med att varken uppnå de krav som ställs gällande miljö eller att få sina maskiner avskrivna innan de blir utdaterade. Däremot kan det på ett sätt ses som kapitalförstöring när fordon som precis blivit utdaterade måste säljas vidare, menar den intervjuade.

8.1.6 Intervju 6 – Koordinator på företag med uthyrning av anläggningsmaskiner

Detta företag mäter inte koldioxidutsläppen från deras maskiner. Däremot finns data på bränsleförbrukning. Den intervjuade menar dock att mängden bränsle som går åt varierar mycket beroende på vilken typ av arbete som utförs. Företaget tankar inte själva maskinerna med biodiesel men säger att det går bra om kunderna vill tanka sådant bränsle. Vidare berättas att det idag inte finns några bra el-hybrider tillgängliga på marknaden gällande anläggningsmaskiner. Dock har leverantörerna av maskinerna prototyper som de arbetar på. Den intervjuade anser att nyare generellt har lägre bränsleförbrukning och därmed högre energieffektivitet. När det kommer till utbildning av eco-driving erbjuder inte företaget detta, men det finns på andra företag. Den intervjuade menar att minskad tomgångskörning och lugnare körsätt är viktiga nycklar till att minska utsläppen från arbetsfordonen. Dessutom nämns att el-maskiner i framtiden kommer kunna göra stor skillnad. Det finns pilotprojekt gällande användande av dessa i stentag, berättar den intervjuade. Vid frågan om kunden brukar ställa några krav gällande koldioxidutsläpp är den intervjuade osäker. Oftast ställs krav på oljor andra kemikalier. Däremot anses företaget inte ha några problem att uppfylla de krav som ställs idag gällande miljö.

8.1.7 Intervju 7 – Underentreprenad hjullastare

Detta företag är väldigt litet och har endast en förare av hjullastare. Företaget mäter inte sina koldioxidutsläpp och fordonet har ingen teknik som kan mäta detta. Däremot finns en dator som mäter bränsleförbrukningen och ofta ligger denna på cirka 6 L/h för de arbetsuppgifter som brukar utföras, menar den intervjuade på företaget. Enligt denna person drar hjullastare som mest när de kör på väg. När det kommer till bränsle tankas diesel med miljöklass. Företaget aldrig provat att tanka med HVO och den intervjuade är osäker om företagets maskin kan tankas med detta eller ej. De nyare hjullastarna ska däremot gå bra att tanka med HVO. Vidare förklaras att det idag inte finns några el-hybrider bland hjullastare av den större storleken, men att det däremot finns för mindre varianter. För övrigt ska företaget snart investera i en ny hjullastare och den intervjuade har därför läst att en nyare variant kan vara upp till mellan 15 och 20 % bränslesnålare. Om detta stämmer i verkligheten är dock ännu osäkert. Vidare förklarar den intervjuade att föraren har gått eco-driving inom lastbilkörning, men inte inom anläggningsfordon. På frågan om hur koldioxidutsläppen annars kan minskas berättar den intervjuade att det idag finns både hjullastare och grävmaskiner som automatiskt stängs av vid längre tomgångskörningar. Slutligen förklaras att företaget inte har några problem att klara av de krav som ställs idag gällande miljö. EURO-klassificeringen är ett problem om hjullastaren är äldre än 8 år, vilket företagets fordon inte är. Dessutom kan det ställas krav på de oljor som används till maskinen.

8.1.8 Intervju 8 – Underentreprenad teleskoptruck

Entreprenaden mäter inte koldioxidutsläppen från deras maskiner och det finns ingen teknik på truckarna som möjliggör detta. Däremot mäter företaget sin bränsleförbrukning. Företagets maskiner tankas med diesel innehållandes 5 % förnyelsebart bränsle. Att tanka 100 % förnyelsebar diesel tror den intervjuade inte skulle fungera i företagets maskiner. Vidare förklaras att det i princip inte finns några el-hybridvarianter av teleskoptruckar på marknaden idag. Det finns en typ som måste kopplas in med elkabel och detta medför problem menar den intervjuade. I princip går denna el-hybrid bara att använda som kran i så fall. Dock påstås de nyare maskinerna vara mer energieffektivare än de äldre. Främst är det tack vare att nyare maskiner använder tillsatsmedlet Adblue, som, enligt den intervjuade, minskar bränsleförbrukningen. Däremot utbildas inte förarna inte i någon form av eco-driving. Slutligen uppger den intervjuade att företaget inte har några problem med att uppfylla de krav som ställs gällande miljö.