GÖTEBORGS UNIVERSITET

INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH MILJÖVETENSKAP

TRANSPORTEFFEKTIVITET AV SCHAKTMASSOR OCH DESS MILJÖPÅVERKAN

***Bild 1**. En grävskopa lastar en lastbil med jordmassor.*

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet miljövetenskap
ES1510, Examination course in environmental sciences, 15 hp
Grundnivå

Termin/år:	VT 2023
Handledare:	Göran Wallin, Institutionen för biologi och miljövetenskap
Extern handledare:	Sofia Widengren, hållbarhetschef på Pinpointer AB
Examinator:	Håkan Pleijel, Institutionen för biologi och miljövetenskap

Carl Ruud

Förord

Jag vill börja med att ge ett stort tack till Sofia Widengren och Leo Håkansson på Pinpointer AB för deras hjälp, engagemang och guidning genom arbetet. Utan deras hjälp med data och långa diskussioner, hade arbetet aldrig kunnat bli verklighet. Jag vill även tacka Göran Wallin som utan tvekan ställde upp och var min interna handledare under arbetet.

Abstract

Society is aiming to move towards higher sustainability. To achieve the climate goals for future sustainability we need to lower our carbon emissions in every area possible. The transportation of excavation masses with trucks is hard to avoid since it is not easily replaced. However, transportation can be conducted more efficiently to decrease the negative impacts. This study aims to analyze the transport efficiency between different types of excavation masses and estimate the economic loss and unnecessary carbon emissions an ineffective usage of diesel fuel is responsible for. The study also investigates to what degree the visualization of the degree of filling for drivers and contractors of trucks can improve transport effectiveness over the duration of a specific ongoing project. This is done by analyzing data, plotting simple graphs, and using a simple mathematical model in Excel with data provided by Pinpointer AB. The conclusion of the study was that there are significant differences in the transport efficiency of different excavation masses, especially concrete which showed very high average distances in its transportation. The estimated amount of ineffective diesel fuel usage is calculated to be 2452 liters. Visualization of the degree of filling did not show an increase in the degree of filling over the duration of a specific project, which indicates that the data have not been used in the intended way, to follow up and improve the degree of filling.

Sammanfattning

Samhället försöker sträva mot högre hållbarhet. För att nå klimatmålen behöver det ske en minskning av koldioxidutsläpp i alla sektorer. Transporter av schaktmassor med lastbil är svårt att undvika eftersom de inte är lätt utbytbara. Transporter kan dock utföras mer effektivt för att minska de negativa konsekvenserna. Syftet med denna studie är att analysera transporteffektivitet av schaktmassor och att teoretiskt beräkna den ekonomisk förlust samt onödiga koldioxidutsläpp det resulterar i. Studien undersöker även Till vilken grad gav visualisering av transporteffektivitet i form av fyllnadsgrad mer effektiva transporter under ett specifikt pågående projekt Detta görs genom att analysera data, rita enkla grafer och använda en enkel matematisk modell i Excel, med data från Pinpointer AB. Studiens slutsats är att det finns signifikanta skillnader i transporteffektiviteten mellan olika schaktmassor, särskilt betong som visade högre medelavstånd vid transport. Den uppskattade mängden ineffektiv dieselförbrukning uppskattas till 2452 liter. Visualisering av fyllnadsgrad i ett specifikt projekt visade inte på en ökning av fyllnadsgrad under det specifika projketetet som undersöktes. Detta indikerar att datan förmodligen inte har använts, i alla fall inte i syfte att följa upp och förbättra fyllnadsgraden.

Innehållsförteckning

Förord 1
Abstract 2
Sammanfattning 3
Innehållsförteckning 4
1 Introduktion 6
1.1 Avfallshierarkin 6
1.2 Lagar 7
1.2.1 Miljöbalken 1998:808 7
1.2.2 Lag om skatt på avfall 1999:673 7
1.3 Återvinning av schaktmassor 8
1.3.1 Cirkulär ekonomi 8
1.4 Sveriges miljömål 9
1.5 Syfte 10
1.6 Mål 10
1.7 Frågeställningar 10
1.8 Presentation av Pinpointer AB 10
1.9 Viktiga begrepp 11
1.9.1 Deponi 11
1.9.2 Transporteffektivitet 11
1.9.3 Fyllnadsgrad 11
1.9.4 Avfall 11
1.9.5 Schaktmassor 12
2 Material och metoder 12
2.1 Litteraturstudie 12
2.2 Statistisk analys 12
2.3 Insamling av data 12
2.4 Avgränsningar 12
2.4.1 Tid 12
2.4.2 Avvikande data 13
2.4.3 Typ av data 13
2.5 Diesel - förbrukning och utsläpp 13
2.6 Teoretisk modellering av ineffektiva transporter 13
2.7 Transporteffektivitet översatt till diesel, koldioxid och SEK 14
4 Resultat 15
4.1 Analys av sträcka, vikt och transporteffektivitet (km, ton och ton*km) 15
4.1.1 Transporteffektivitet, Ton*km 15
4.1.2 Sträcka, Km 16
4.1.3 Vikt, Ton 16

4.2 Teoretisk modellering av överlastade, underlastade och effektivt lastade lastbilar..... 17
4.2.1 Innebörd av ineffektiva körningar..... 18
4.2.2 Innebörd av överlastade körningar..... 18
4.2.3 Körningar, jord..... 19
4.2.4 Körningar, asfalt..... 20
4.2.5 Körningar, lera & silt..... 21
4.2.6 Körningar, oarmerad betong..... 21
4.3 Beräkning av ineffektiva körningars koldioxidutsläpp..... 22
4.3.1 Dieselförbrukning från ineffektiva transporter..... 23
4.4 Analys av förändring i fyllnadsgrad i specifikt projekt..... 23
5 Diskussion..... 25
5.1 Diskussion av skillnader i sträcka vikt och transporteffektivitet..... 25
5.1.1 Transporteffektivitet (ton*km)..... 25
5.1.2 Sträcka (km)..... 25
5.1.3 Vikt (ton)..... 25
5.1.4 Implikationer av resultat i anovor av sträcka, vikt och transporteffektivitet..... 25
5.2 Diskussion av beräkning av ineffektiva körningar..... 26
5.2.1 Antal ineffektiva körningar, diesel, koldioxid och kronor (SEK)..... 26
5.2.2 Ineffektiva körningar i verkligheten..... 27
5.2.3 Potentiellt sätt att förbättra fyllnadsgrader..... 27
5.2.4 Fördelning av fyllnadsgrad jämfört med fördelning av effektivitet..... 27
5.3 Diskussion av förändring av fyllnadsgrad i ett projekt..... 28
5.4 Svagheter med studien..... 28
5.4.1 Omfattning av data..... 28
5.4.2 Mängden data..... 28
5.4.3 Referensvärden..... 29
5.4.4 Tidigare studier..... 29
5.4.5 Teoretisk modellering..... 29
5.5 Styrkor med studien..... 29
5.5.2 Data..... 29
5.6 Framtida studier..... 29
5.6.1 Överlastade lastbilar..... 29
5.6.2 Dieselförbrukning..... 30
5.6.3 Fyllnadsgrad..... 30
6 Slutsatser..... 31
Frågeställning 1: Hur skiljer sig transporteffektiviteten mellan olika materialtyper?..... 31
Frågeställning 2: Hur stora utsläpp ger ineffektiva transporter av olika materialtyper upphov till i form av koldioxidutsläpp?..... 31
Frågeställning 3: Till vilken grad ledde visualisering av transporteffektivitet i form av fyllnadsgrad till mer effektiva transporter under ett pågående projekt?..... 31
Referenser..... 32
Bildkällor..... 33

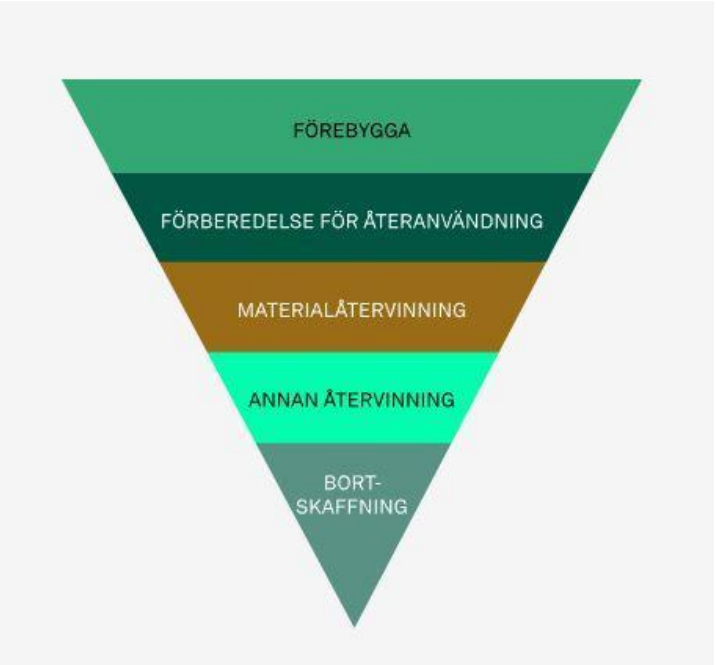
1 Introduktion

Detta kapitel belyser problematik hantering av shaktmassor och varför en effektivisering av transporter är viktig. Vidare beskrivs rapportens syfte, mål och frågeställning samt vilka avgränsningar som har gjorts i arbetet.

1.1 Avfallshierarkin

Världen står inför en stor utmaning när dagens samhälle ska övergå till ett mer hållbart fossilfritt samhälle. För dessa mål krävs det att alla aktörer hjälps åt genom att göra vad de kan inom sin sektor.

När det kommer till avfallshantering finns det en avfallshierarki som tydliggör hur avfall ska hanteras och vilka åtgärder som bör prioriteras vid hanteringen (Figur 1). Avfallshierarkin bygger på att avfall i första hand ska förebyggas. När detta inte är möjligt ska avfallet i så stor utsträckning som möjligt förberedas för återanvändning. Om detta inte går så ska det istället materialåtervinnas eller återvinnas på annat sätt. Vid situationer där inget av ovan nämnda alternativ är möjliga blir den sista utvägen bortskaffning av materialet, alltså att lägga det på en deponi. (Naturvårdsverket, u.d).



***Figur 1**. Ordningen för avfallshierarkins tillvägagång i ordningen; första steget högst upp i den bredaste delen av figuren och det sista steget längst ner i den smalaste delen av figuren.*

I Sveriges etappmål för miljö läggs det ett stort fokus på att förhindra mängden avfall som behöver bortskaffas, men inget nämns kring hur avfallstransporter kan effektiviseras och således minskas (Sveriges miljömål, 2023). Transporter av avfallsmassor är nödvändigt oavsett om de ska förberedas för återanvändning, återvinnas eller bortskaffas. Masshantering

är därför en sektor där stora mängder material behöver transporteras i huvudsak med lastbil. Det är därför viktigt att dessa transporter blir så effektiva som möjligt, eftersom effektiviteten i transporterna blir en av de faktorer som kan påverkas för att skapa en mer miljömässigt hållbar masshantering.

Betydelsen av mer effektiva transporter är något som nämns i åtskilliga rapporter från många olika håll. Naturskyddsföreningen skriver i ett faktablad från år 2021 att mängden transporter ökar, men att de kan bli mer hållbara genom bland annat energieffektivisering och genom att effektivisera bort transporter, alltså att det krävs färre förningar om de är mer effektiva (Naturskyddsföreningen, 2021). Vidare skriver Trafikverket i sin "juridisk tolkning och tillämpning av lagstiftning för masshantering" fyra tydliga punkter för avfallsförbyggande åtgärder. Bland dessa punkter står det att man ska hushålla med råvaror och energi samt att man ska minska de negativa effekterna av avfall (Trafikverket, 2022). Därmed bör utsläpp från transporter vara en relevant faktor inom masshantering som borde tas i beaktande som en del i minskningen av masshanteringens negativa miljöeffekter.

1.2 Lagar

1.2.1 Miljöbalken 1998:808

Grunden till hur materialtyper hanteras styrs ofta av miljöbalken. Där finns det konkret lagstiftning som förhindrar vissa handlingar och främjar andra. Dessa incitament är viktiga att belysa eftersom de direkt kan påverka hur långt vissa material måste transporteras. Exempel på dessa incitament nämns i "kapitel 1 bakgrund" i rapporten, när avfallshierarkin presenteras, vilket är ett lagkrav för avfallshantering i miljöbalken 15 kap 10§ som syftar till att förbättra återanvändningen av avfall och minska mängderna som måste läggas på deponi (Miljöbalk SFS 1998:808).

Miljöbalken definierar även tydligt vad ett avfall är i 15kap 1§. Ett avfall är varje ämne eller föremål som en innehavare gör sig av med, avser göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med. Om ett ämne eller föremål uppkommer under en produktionsprocess kan det anses vara en biprodukt istället för avfall om det är säkerställt att det kommer fortsätta användas. (Miljöbalk SFS 1998:808). D.v.s om ämnet som skapas kan anses ha ett syfte att användas till något.

1.2.2 Lag om skatt på avfall 1999:673

Denna lag syftar till att verksamheter ska betala skatt på det avfall som de deponerar, eller förvarar under en längre tid än 3 år (1§) för att gynna avfallshierarkin. Dock skrivs det i 3§ att detta inte gäller för anläggningar som används för deponering eller förvaring av enbart

1. ett eller flera av följande avfallsslag:
    a) jord, grus, sand, lera, skiffer, kalkstoft, kalksten, annan sten,
    b) bergrester från gruvindustriell verksamhet,

c) avfallssand från gruvindustriell verksamhet och avfall från rening vid sådan verksamhet samt järnhaltigt avfall från rökgasrening vid tillverkning av järnmalmspellets.

2. radioaktivt avfall
3. vattenverksslam i slambassäng
4. flytande avfall i vassbädd.

Avfallsskatten som erläggs är 500kr per ton avfall (5§). Den som är skyldig att betala skatt är den som bedriver verksamhet på anläggningen (7§).
(Lag om skatt på avfall SFS 1999:673)

1.3 Återvinning av schaktmassor

Då det kan förekomma avgifter för att deponera avfall, kan det istället vara gynnsamt att återvinna eller återbruka avfall. Olika material kan användas till olika ändamål när de ska återbrukas. I en rapport från Statens geotekniska institut samanställdes en tabell över vilka ändamål olika material kan användas till.

Rena schaktmassor - kan användas till utjämning av mark, tryckbankar, bankbreddning, bullervallar, utfyllnad, markförstärkning, vägbyggnad, sluttäckning av deponier, väg- och parkeringsytor, konstruktionsmaterial på deponier.

Förorenade schaktmassor kan - användas till utjämning av mark, tryckbankar, bankbreddning, bullervallar samt sluttäckning av deponier.

Krossad betong - kan användas till utjämning av mark, tryckbankar, bankbreddning och bullervallar.

Ren asfalt - kan användas till vägar och planer inom deponi

Tjärasfalt - kan användas som bärlager i vägar
(Arm, M., Lindberg, J., Helgesson, H., 2007).

1.3.1 Cirkulär ekonomi

I en cirkulär ekonomi används saker så länge som möjligt och istället för att slänga används saker igen. Dagens ekonomiska system drivs av utvinning av naturens resurser. Både EU och FN har en cirkulär ekonomi bland sina mål, det innebär att saker ska återbrukas i så stor utsträckning som möjligt innan de slängs för att minska andelen material som måste utvinnas från naturen (Naturskyddsföreningen, 2019). Inom masshantering skulle detta alltså kunna innebära att mindre material hamnar på deponier och att mer material istället återanvänds till lämpliga ändamål. Exempelvis de ändamål som nämns i kapitel 3.4 i rapporten.

Figur 3. *Beskrivning av hur material ska hanteras i en cirkulär ekonomis olika steg, från det att råmaterial utvinns från naturen fram till dess att material ska återvinnas för att användas igen.*

1.4 Sveriges miljömål

Sveriges miljömål är en mall som beskriver vad som behöver göras för att uppnå de 16 övergripande miljömålen som tagits fram. Ett av dessa miljömål är "begränsad *klimatpåverkan"* (Naturvårdsverket, u.d). Det finns en lång lista från *sverigesmiljömål.se* över vad företag bör göra för att Sverige ska kunna uppnå detta mål.

Relevanta punkter för detta arbete som finns på listan innefattar:

- Genomlysa företagets grundläggande affärsidé utifrån ett klimatperspektiv som ett underlag för att identifiera åtgärder med störst inverkan.
- Öka effektiviteten i användning av energi och råvaror.
- Minska körsträckan.

(Sveriges miljömål, 2018).

***Figur 2**. Sveriges 16 miljömål med bilder för målen till vänster och text tillhörande respektive mål till höger.*

1.5 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka effektiviteten av transporter av schaktmassor samt vilka överflödiga koldioxidutsläpp som sker till följd av ineffektivt lastade lastbilar. Detta görs för att visa på vilka möjligheter till förbättringar som finns inom masshantering.

1.6 Mål

Genom att synliggöra problem kan lämpliga åtgärder vidtas för att förbättra framtida transporter och således miljöarbetet inom masshantering.

1.7 Frågeställningar

1. Hur skiljer sig transporteffektiviteten mellan olika materialtyper?
2. Hur stora utsläpp ger ineffektiva transporter upphov till i form av koldioxidutsläpp?
3. Till vilken grad gav visualisering av transporteffektivitet i form av fyllnadsgrad mer effektiva transporter under ett specifikt pågående projekt?

1.8 Presentation av Pinpointer AB

Pinpointer är ett svenskt techbolag som med sin oberoende digitala tjänst och ett kompetent team skapar bättre förutsättningar för en mer hållbar masshantering. I den digitala tjänsten

matchas överskott av massor mot Sveriges största nätverk av mottagare med hänsyn tagen till transportsträcka, pris och miljökrav. I Pinpointer får användare all sin data och sina underlag samlade digitalt på ett ställe, vilket möjliggör uppföljning av fyllnadsgrad, mängd, transportsträcka och mottagningsplats för varje enskild transport. Det ger en god kontroll i pågående byggprojekt och möjlighet att optimera produktionen. Pinpointer lanserades 2019 och finns idag på den svenska marknaden. (S. Widengren, personlig kommunikation, 24 maj 2023)

1.9 Viktiga begrepp

Det finns vissa begrepp som kan vara viktiga att förklara, för att studien ska bli enklare att förstå. Följande begrepp har därför fått en egen titel som kort förklarar hur de används i studien.

1.9.1 Deponi

En deponi är en upplagsplats för slutförvaring av avfall som finns på eller i marken. Det är alltså endast slutförvaring av ett avfall som klassas som deponi. Det klassas inte som deponi om det används som mellanlagring för ett avfall innan det ska återanvändas, om lagring sker kortare än 3 år eller om det ska lagras kortare än ett år innan bortskaffning (Avall Sverige, 2023).

1.9.2 Transporteffektivitet

I denna studie definieras transporteffektivitet, d.v.s hur effektivt en transport har skett som ton*km. Det beräknas som antalet ton som transporteras multiplicerat med sträckan som transporten har skett på. ton*km ses vanligtvis som ett arbete, men i denna studie används det som ett effektivitetsmått.

Det finns både för-och nackdelar med detta mått. Det är en nackdel att använda ton*km när en specifik lastbils effektivitet eftersom att den inte kan påverka sin sträcka utan endast sin vikt. Det är en fördel att använda ton*km för att se hur effektivt en mateialtyp transporteras överlag eftersom att det i detta fallet kan påverkas både hur långt material måste köras och hur mycket vikt som flyttas den sträckan.

1.9.3 Fyllnadsgrad

Fyllnadsgrad är ett mått på hur väl en lastbil har fyllt sitt släp i förhållande till hur mycket lastbilen har kapacitet till att lasta. Fyllnadsgraden beräknas genom att dividera vikten som en lastbil har på sitt släp med lastbilens angivna lastkapacitet. Detta resulterar i en procentuell andel som berättar till vilken grad lastbilen var lastad.

1.9.4 Avfall

Avfall definieras i miljöbalken 15kap 1§ som alla ämnen eller föremål som innehavaren gör sig av med eller är skyldig att göra sig av med.(Miljöbalk SFS 1998:808).

1.9.5 Schaktmassor

Det finns ingen strikt definition för vad schaktmassor är, men det syftar oftast till det som grävs upp vid olika typer av anläggningsarbeten (Pinpointer AB, u.d).

2 Material och metoder

Detta kapitel beskriver vilka metoder som används för att besvara studiens frågeställningar.

2.1 Litteraturstudie

Studien inleds med en litteratursökning där en djupare förståelse för ämnet skapas. Litteratursökningen fortsätter därefter under arbetets gång för att underbygga studien med vetenskapliga källor och tidigare studier.

2.2 Statistisk analys

Jämförelser av transporteffektivitet (ton*km), sträcka (km) och vikt (ton) mellan olika materialtyper genomfördes. Analysen gjordes med hjälp av tre envägs anovor för att ta reda på om det fanns signifikanta skillnader mellan materialtyperna. Databearbetning och statistisk analys skedde i Excel.

2.3 Insamling av data

Data som används i studiens beräkningar av transporteffektivitet har tillhandahållits från Pinpointer AB. Data bygger på verkliga transporter från perioden 2019-10-03 till 2023-04-26. Informationen som används för att beräkna mängden utsläpp som ineffektivitet ger upphov till är baserad på en studie från Skogforsk från 2018 samt en studie från Institute for European Environmental Policy. Denna data används för att först översätta ton*km till liter disel och därefter översätta liter diesel till kilogram koldioxid som släpps ut. När kostnaden för den ineffektivt förbrända dieseln skulle beräknas användes data från tanka.se för att beräkna ett medelvärde av HVO samt vanlig diesels pris under perioden för transportdata.

2.4 Avgränsningar

2.4.1 Tid

Data som används från Pinpointer AB sträcker sig från 2019-10-03 till 2023-04-26, men vid olika beräkningar har olika tidsintervall använts. Detta beror på att data som innehåller lastbilars fyllnadsgrader endast tillhandahölls för perioden 2023-02-06 till 2023-04-26 från pinpointer AB. Vid beräkningar för det specifika projektet användes data som sträcker sig från 2023-02-09 till 2023-04-26, eftersom det är den tid som projektet hittills har pågått.

2.4.2 Avvikande data

Det skedde även vissa avgränsningar i data som används, då viss data bedömdes vara orimlig. Detta beror på att lastvikt är manuellt inmatad av chaufförerna till skillnad från övriga data som är digitalt genererad. All data där en lastbil rapporterat en lastvikt över 60 ton sorterades bort eftersom det är sällsynt att en lastbil kan ta så stora laster. Vid beräkningar av ineffektiva körningar sorterades även alla datapunkter som saknade fyllnadsgrad bort.

2.4.3 Typ av data

På grund av studiens tidsbegränsning kunde inte alla aspekter inom transporterna undersökas. Fokuset hamnade därför på transporteffektivitet i form av ton*km, sträcka och vikt samt fyllnadsgraden. Utifrån detta beräknades sedan “antal ineffektiva körningar” och utsläppen i form av koldioxid som de ger upphov till samt skillnader mellan olika materialtypers effektivitet.

Det konstaterades att överlaster kan vara ett potentiellt problem kopplat till transporteffektivitet. Att undersöka detta område och väga in dess effekter bedöms bli för för tidskrävande. Därmed gjordes en avgränsning för att inte inkludera dess effekter i arbetet. Andelen överlaster finns dock presenterat i data.

2.5 Diesel - förbrukning och utsläpp

För att beräkna vilken miljöpåverkan olika transporter ger upphov till måste de på något sätt översättas till hur mycket diesel som förbrukas och hur mycket dieseln ger upphov till i form av koldioxidutsläpp. Detta gjordes genom att använda två tidigare studiers resultat som närmevärde.

Den första studien som används är en studie från Skogforsk som genomförde en studie på skogslastbilars dieselförbrukning. Eftersom fordonen liknar de fordon som används i denna studie anses bränsleförbrukningen från studien rimligen kunna användas som närmevärde. (Brunsberg, T, von Hofsten, H, 2018). Efter att antalet förbrända liter diesel har beräknats, kan ytterligare beräkningar göras på vad dessa liter diesel ger upphov till i form av utsläpp. För att beräkna koldioxidutsläppet som skedde används en studie från Institute for European Environmental Policy. I denna studie kom de fram till att varje liter diesel som förbrukas släpper ut 2,67 kg koldioxid (IEEP, 2018).

För att beräkna kostnaden som denna diesel motsvarar användes medelvärdet för dieselpriset under perioden som transporterna skedde. Priserna som beräknades var 27,7 SEK/L samt 22 SEK/L för HVO och vanlig diesel i respektive ordning (Tanka, u.d).

2.6 Teoretisk modellering av ineffektiva transporter

En teoretisk modell togs fram för att beräkna hur många körningar som var ineffektiva, effektiva, samt överlastade. Detta gjordes genom att summera körningar och fyllnadsgrader för varje specifik lastbil i varje specifikt projekt. Summan av fyllnadsgrader subtraherades

därefter från summan av antal körningar för en lastbil. Om detta ger ett negativt tal visar det att lastbilen i genomsnitt har kört med ett överlastat släp. D.v.s med mer last än sin tillåtna lastkapacitet. Om resultatet istället var positivt, avrundades det nedåt till närmaste heltal. Detta heltal visar hur många körningar som teoretiskt kan effektiviseras bort om lastbilen hade lastats till 100% vid varje körning. Om talet var noll eller högre men under ett, ansågs lastbilen istället kört så effektivt som möjligt eftersom att den inte kunde kört ett helt flak mindre och inte var överlastad.

En mer ingående beskrivning av hur denna modellering gick till och en matematisk uppställning finns i kapitel 4.2, kapitel 4.2.1 samt kapitel 4.2.2.

2.7 Transporteffektivitet översatt till diesel, koldioxid och SEK

I en studie från 2018 som utfördes av Skogforsk undersöktes hur mycket diesel som skogslastbilar förbrukade under sina körningar. Data samlades in genom att Skogforsk fick tillgång till webbaserade tjänster från Volvo och Scania där fordonsbränsleförbrukning kontinuerligt registreras. Resultatet analyserades därefter med en multiple regressionsanalys och den statistiska säkerheten var satt till 95 procent. Regressionsfunktionens beräknade värde resulterade i en formel för bränsleförbrukning som ser ut som följande:

*Förbrukning=K+Transportavstånd*M*. (Transportavstånd är i km)
Konstanten *K* är 0,0287 L/ton*km.
M är -0,000061 L/ton*km och är en konstant som används för att beräkna den minskade bränsleförbrukningen per ton*km vid längre körningar.
(Brunsberg, T, von Hofsten, H, 2018)

Skogforsk studie tillåter en direkt översättning mellan fordons transporteffektivitet (ton*km) och mängden diesel som faktiskt förbrukas, men för att sedan översätta liter diesel till koldioxid används en konstant på 2,67 kg koldioxid per liter diesel förbrukad. Denna siffra är tagen från en studie utförd av Institute for European Environmental Policy. (IEEP. 2018).

4 Resultat

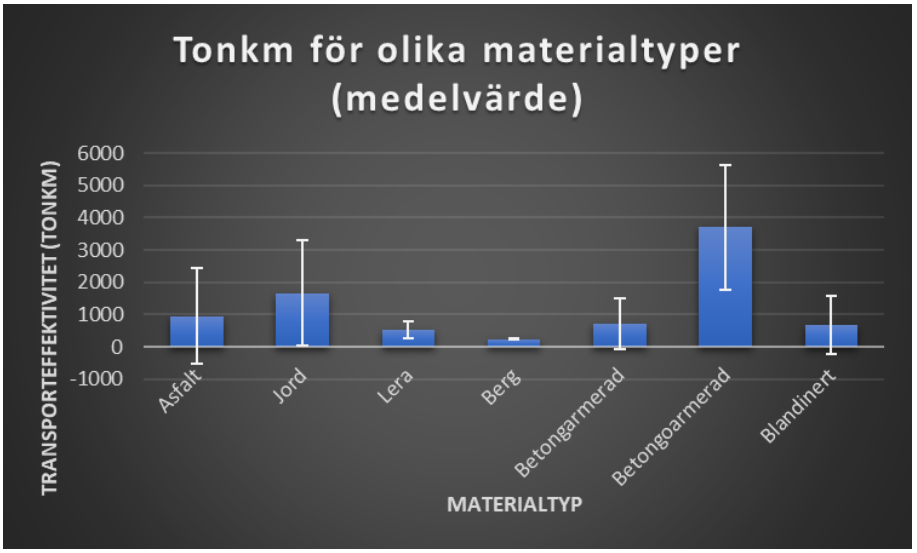
I detta kapitel redovisas data och resultat som analyser och beräkningar har resulterat i.

4.1 Analys av sträcka, vikt och transporteffektivitet (km, ton och ton*km)

Denna analysen baseras på följande antal datapunkter för respektive materialtyperna. 10927 för jord, 325 för asfalt, 1893 för lera och silt, 77 för berg, 153 för armerad betong, 223 för oarmerad betong och 231 för blandat inert material. För att undersöka hur olika materialtyper skiljer sig från varandra när det gäller transporteffektivitet (ton*km), sträcka (km) samt vikt (ton) genomfördes tre envägs anovor. Undersökningen gjordes för att visa om det fanns någon signifikant skillnad mellan de olika materialtyperna, vilket resultaten tyder på att det finns. Det är viktigt att lägga tyngd vid att anovan i sig själv inte berättar var eventuella skillnader ligger, endast om de existerar. Därför presenteras medelvärden för de olika varriablerna för materialtyperna i stapeldiagram för att visualisera skillnader (Figur 4, Figur 6, Figur 8). Det är inte heller intressant att ta reda på vart skillnaderna är som störst eftersom huvudsyftet av denna del av arbetet är att ta reda på om skillnader existerar. Detta för att avgöra om material bör hanteras individuellt eller inte i de resterande delarna av arbetet.

4.1.1 Transporteffektivitet, Ton*km

En envägs anova mellan de olika materialtypernas transporteffektivitet i ton*km genomfördes med en statistisk säkerhet på 95 procent. F-värdet var 260,41 och F-krit värdet var 2,09 vilket tyder på att det finns en signifikant skillnad mellan de olika materialtypernas ton*km. P-värdet som analysen gav var <0,01 vilket tyder på att testet var statistiskt signifikant och att nollhypotesen kan förkastas.



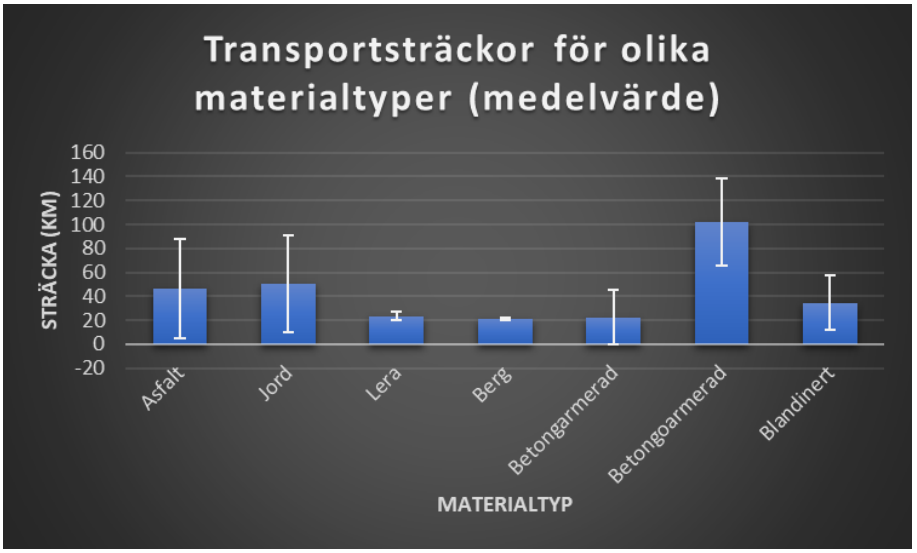
***Figur 4**. Skillnader mellan olika materialtypers medelvärde av transporteffektivitet, med ton*km på y-axeln och materialtyp på x-axeln. Felstaplarna indikerar standardavikelsen.*

Som figur 4 tydligt visar, sticker oarmerad betong ut vad det gäller transporteffektivitet, den har ett högt värde vilket tyder på att den är mycket ineffektiv i jämförelse med resterande material. Jord är näst störst, men inte i närheten av lika stor som oarmerad betong. Resterande

materialtyper ligger på betydligt lägre ton*km. Berg ligger mycket lägre, vilket tyder på att den har en mer effektiv transport.

4.1.2 Sträcka, Km

Efter att en envägs anova utförts mellan de olika materialtypernas transportsträckor med en 95-procentig statistisk säkerhet kan det fastslås att det finns en signifikant skillnad. F-värdet var 238,96 och F-krit var 2,09 vilket tyder på att den finns en skillnad mellan gruppernas körsträcka då F-krit är lägre än F-värdet. P-värdet var <0,01, vilket visar att det finns en statistisk signifikans i testet. En visualisering av materialtypernas medelvärde för transportsträckor ges i figur 5.

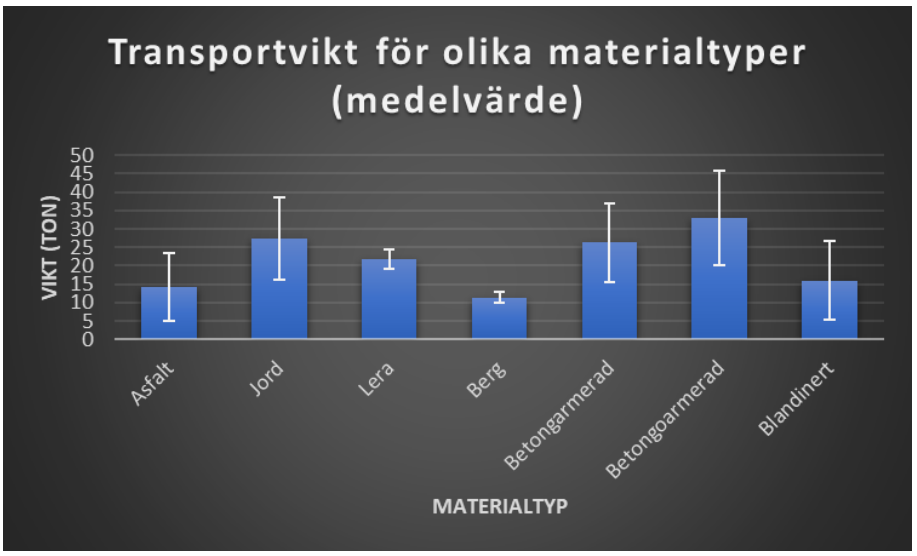


***Figur 5**. Skillnader mellan olika materialtypers medelvärde av transportsträcka i km, med sträcka på y-axeln och materialtyp på x-axeln. Felstaplarna indikerar standardavikelsen.*

Som figur 5 visar sticker oarmerad betong ut från mängden, då den är cirka dubbelt så stor som det näst största värdet, vilket återfinns hos jord, tätt följt av asfalt. Detta tyder på att oarmerad betong i genomsnitt transporteras längre än resterande material. Berg, armerad betong och lerans låga värden tyder istället på att de i genomsnitt transporteras kortare sträckor jämfört med resterande material.

4.1.3 Vikt, Ton

En envägs anova genomfördes på olika materialtypers lastvikter med en 95 procentig statistisk säkerhet. F-värdet var 204,92 och F-krit var 2,09 vilket tyder på att det finns en signifikant skillnad mellan materialtypernas lastvikter. P-värdet för testet var <0,01 vilket tyder på att testet var statistiskt signifikant. Figur 6 visualisera skillnaderna mellan materialtypernas medelvärden i vikt.



***Figur 6**. Skillnader mellan olika materialtypers medelvärde av transportvikt i ton, med vikt på y-axeln och materialtyp på x-axeln. Felstaplarna indikerar standardavikelsen.*

Figur 6 visar att oarmerad betong är det material som i genomsnitt har högst ton per last, följt av armerad betong, jord, lera, bland inert material, asfalt och berg i ordningen störst till minst.

4.2 Teoretisk modellering av överlastade, underlastade och effektivt lastade lastbilar

För att teoretiskt beräkna hur stor andel av lastbilar som kördes effektivt, ineffektivt eller överlastade, slogs individuella lastbilars data ihop för varje ordernummer. Detta skapade två viktiga tal för varje lastbil, antalet körningar som lastbilen gjort och den sammanlagda fyllnadsgraden för lastbilen. När summan av fyllnadsgrader subtraheras från antalet körningar, fås ett resultat som visar hur effektiv lastbilen varit sammantaget. Om antal körningar benämns “Ksum” och summan av fyllnadsgrader benämns “FGsum” kan följande uppställning göras:

Överlastade körningar:
Om (Ksum-FGsum)<0 ⇒ Lastbilen körde totalt sett minst ett överlastat släp

Ineffektiva körningar:
Om (Ksum-FGsum)≥1 ⇒ Talet avrundas nedåt till närmaste heltal. Detta heltal visar på hur många körningar som lastbilen kunde sparat om den varit så effektiv som möjligt i teorin.

Effektiva körningar:
Om 1>(Ksum-FGsum)≥0 ⇒ Lastbilen kunde teoretiskt inte köra mer effektivt.

Den här delen av arbetet baseras på en mindre mängd data än analysen i avsnitt 4.1 och mängden varierar kraftigt mellan de fyra olika materialtyperna. Mängden datapunkter för respektive materialtyp; 686 för jord, 81 för asfalt 332 för lera & silt, 7 för betong. Till följd av detta bör resultaten från beräkningarna i kapitel 4.2 inte användas för att jämföra materialen,

utan snarare för att få en överblicksbild, som visar att det finns viss potential till förbättring av transporteffektivitet.

Efter varje teoretiskt modellering av ineffektiva, effektiva och överlastade lastbilar presenteras även obehandlad data för fördelningen av fyllnadsgrader för materialtypen. Detta görs för att kunna få en bättre helhetsbild, analyser och rimlighetsbedömningar.

4.2.1 Innebörd av ineffektiva körningar

En "ineffektiv körning" innebär i denna studie att summan av fyllnadsgrader för en specifik lastbils körningar i ett specifikt projekt är lägre än summan av antalet körningar som lastbilen gjort. Detta innebär i praktiken att en lastbil som kört 20 gånger i ett projekt och haft en fyllnadsgrad på 0,95 (95%) vid varje körning, kommer att visa på en ineffektiv körning och 19 effektiva körningar. Att uppnå en fyllnadsgrad som är så bra som 0,95 vid samtliga körningar är dock svårt i praktiken. De ineffektiva körningarna som beräknas i denna del av arbetet är i högsta grad teoretiska och en andel av de ineffektiva körningarna är i verkligheten oundvikliga.

De ineffektiva körningarna är beräknade utifrån en teoretisk utopi som inte kan uppnås i verklighetens transporter. En andel av de ineffektiva körningarna som presenteras i figur 7, figur 9 och figur 11 kan därmed vara effektiva utifrån verklighetens förutsättningar, men anses ineffektiva i modellen.

En beräkning med ett antal körningar för en specifik lastbil kan resultera i flera ineffektiva körningar om den aktuella lastbilen gjort flera körningar med lägre fyllnadsgrad. Exempelvis en lastbil som gjort 20 körningar, med en fyllnadsgrad på 0,8 vid samtliga körningar. I detta fallet blir summan av fyllnadsgrader 16 och summan av körningar blir 20 vilket ger en differens på 4. D.v.s att det finns 4 ineffektiva körningar.

Om en lastbil inte beräknas som överlastad eller ineffektiv, klassas den istället som effektivt lastad eftersom den teoretiskt sett inte kunde minskat sitt antal körningar.

4.2.2 Innebörd av överlastade körningar

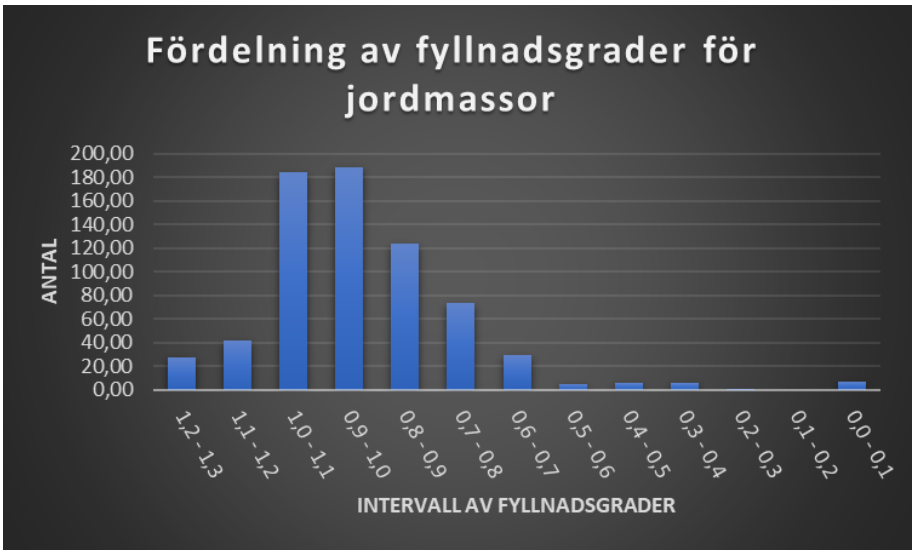
En "överlast" innebär i denna studie att summan av fyllnadsgrader för en specifik lastbils körningar i ett specifikt projekt är högre än summan av antalet körningar som lastbilen gjort. Detta innebär att en lastbil som gjort 10 körningar i ett projekt där 5 körningar har en fyllndasgrad på 1.1 (110%) och 5 körningar har en fyllnadsgrad på 95%, beräknas som överlastad. Detta trots att hälften av lastbilarna inte var överlastade. Detta beror på att summan av fyllnadsgraderna är 10,5 fördelat på 10 körningar vilket ger en medelfyllnadsgrad på 1,05 i den utopiska teori som modellen bygger på. Utifrån datan som används finns det inga fall där det beräknats mer än en överlast hos en specifik lastbil i ett specifikt projekt.

4.2.3 Körningar, jord

Figur 7 visar fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade körningar vid transporter av jordmassor. 75% av körningarna är enligt den teoretiska modellen effektiva, men 8% är ineffektiva körningar och 17% är överlastade.

***Figur** 7. Fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade lastbilar vid teoretisk modellering av 669 transporter av jordmassor.*

Figur 8 visar fördelningen mellan olika intervall av fyllnadsgrader som de aktuella lastbilar har haft när de transporterat jord. På x-axeln presenteras intervaller av fyllnadsgrader och på y-axeln presenteras antal körningar som gjorts.



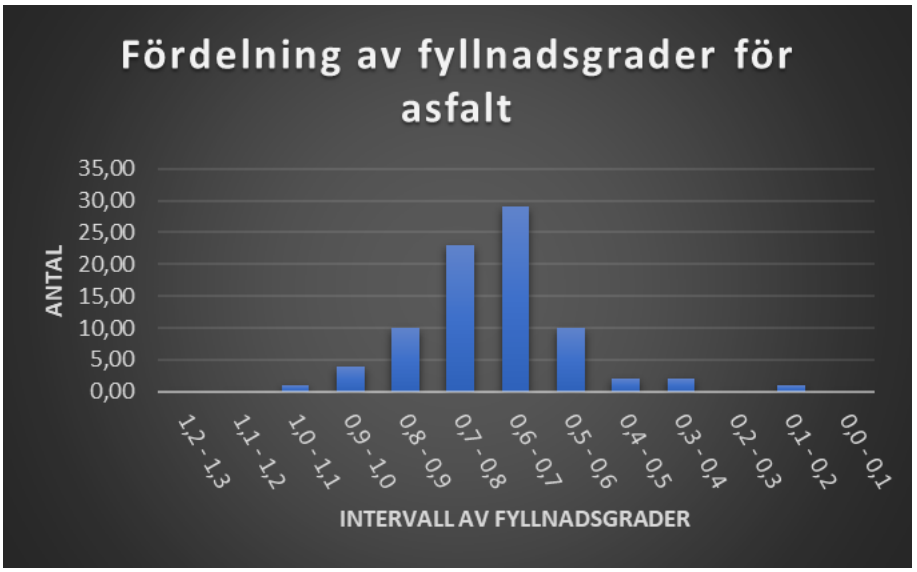
***Figur 8**. Fördelningen av antalet körningar med olika fyllnadsgrader vid 669 körningar av jordmassor, med antal körningar på y-axeln och intervall av fyllnadsgrader på x-axeln.*

4.2.4 Körningar, asfalt

Figur 9 visar fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade körningar vid transporter av asfalt. 79% av körningarna är enligt den teoretiska modellen effektiva och 21% av körningarna är ineffektiva. Det fanns alltså i detta fall inga överlastade körningar.

Figur 9. *Fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade lastbilar vid teoretisk modellering av 81 transporter av asfalt.*

Diagram 10 visar fördelningen mellan olika intervall av fyllnadsgrader som de aktuella lastbilar har haft när de transporterat asfalt. På x-axeln presenteras intervaller av fyllnadsgrader och på y-axeln presenteras antal körningar som gjorts.



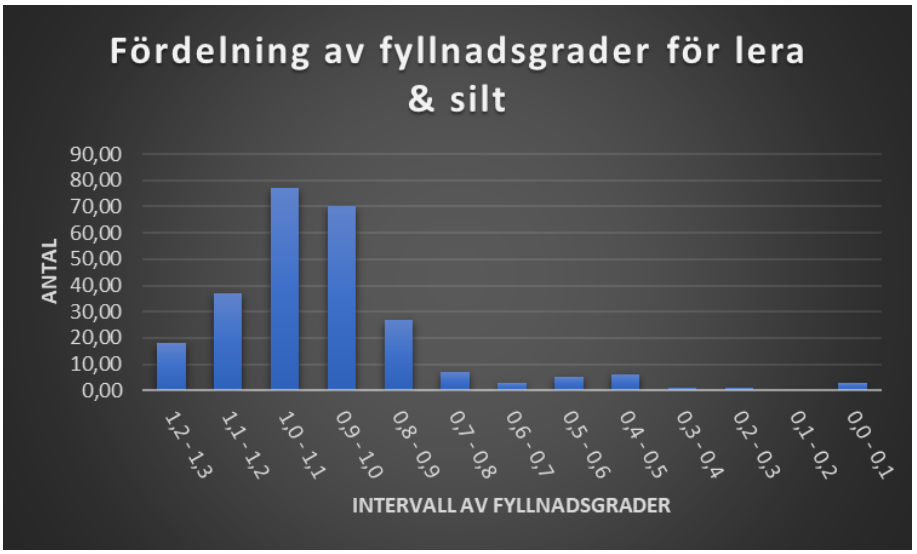
Figur 10. *Fördelningen av antalet körningar med olika fyllnadsgrader vid 81 körningar av asfalt, med antal körningar på y-axeln och intervall av fyllnadsgrader på x-axeln.*

4.2.5 Körningar, lera & silt

Figur 11 visar fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade körningar vid transporter av lera & silt. 89% av körningarna är enligt den teoretiska modellen effektiva, men 2% är ineffektiva och 9% av körningarna är överlastade.

Figur 11. *Fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade lastbilar vid teoretisk modellering av 332 transporter av asfalt.*

Figur 12 visar fördelningen mellan olika intervall av fyllnadsgrader som de aktuella lastbilar har haft när de transporterat lera och silt. På x-axeln presenteras intervaller av fyllnadsgrader och på y-axeln presenteras antal körningar som gjorts.



Figur 12. *Fördelningen av antalet körningar med olika fyllnadsgrader vid 332 körningar av lera och silt, med antal körningar på y-axeln och intervall av fyllnadsgrader på x-axeln.*

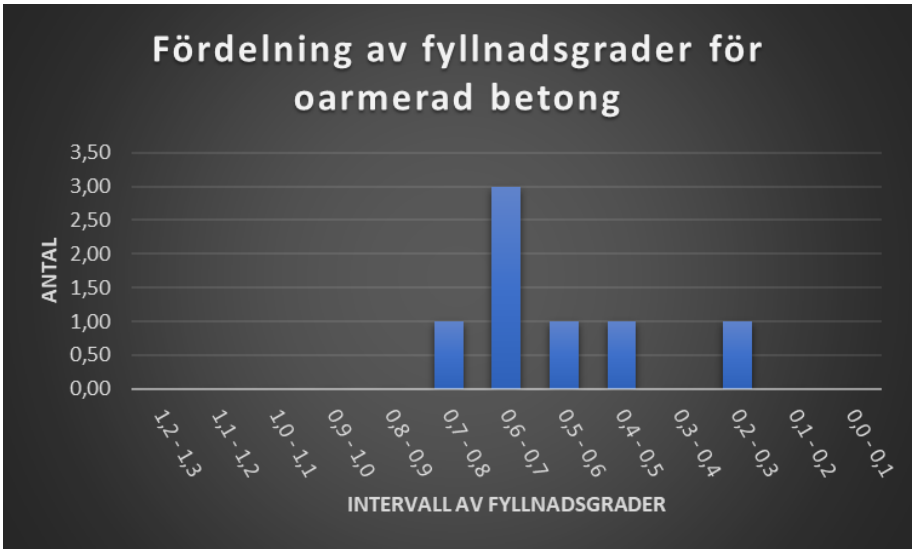
4.2.6 Körningar, oarmerad betong

I analysen i kapitel 4.1 finns både armerad och oarmerad betong presenterad men i följande del av arbetet finns endast oarmerad betong presenterad. Detta beror på att det inte finns någon data för armerad betong under den tidsperiod som aktuell datan kommer från. Figur 13

visar hur fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade transporter av oarmerad betong. Utifrån urvalet av data som beräkningarna var enligt den teoretiska modellen 86% av transporterna effektiva, medan 14% var ineffektiva.

Figur 13. *Fördelningen mellan ineffektiva, effektiva och överlastade lastbilar vid teoretisk modellering av 7 transporter av oarmerad betong.*

Figur 14 visar fördelningen mellan olika intervall av fyllnadsgrader som de aktuella lastbilar har haft när de transporterat oarmerad betong. På x-axeln presenteras intervaller av fyllnadsgrader och på y-axeln presenteras antal körningar som gjorts.



Figur 14. *Fördelningen av antalet körningar med olika fyllnadsgrader vid 7 körningar av oarmerad betong, med antal körningar på y-axeln och intervall av fyllnadsgrader på x-axeln.*

4.3 Beräkning av ineffektiva körningars koldioxidutsläpp

Utifrån resultaten i kapitel 4.2 har data på koldioxidutsläpp som de ineffektiva körningarna gett upphov till beräknats. Detta görs genom att multiplicera den totala ton*km som en lastbil

kört i ett arbete med andelen ineffektiva körningar dividerat på totala körningar som den aktuella lastbilen gjort. Detta tal kan därefter översättas till antal liter diesel som förbränts. Antalet liter diesel har sedan en översättningsfaktor till kilogram koldioxid på 2,67kg/L. Hur dessa beräkningar genomförs beskrivs ingående i kapitel 2.4 och kapitel 3.2 i rapporten.

4.3.1 Dieselförbrukning från ineffektiva transporter

De ineffektiva transporterna ger en ökad förbränning av diesel. Följande mängder uppskattas med hjälp av beräkningar förbrännts och resulterat i följande mängd ineffektiva koldioxidutsläpp och kostnader i SEK (avrundat till heltal). Totalt sett beräknas de ineffektiva körningarna som hittats i data ge upphov till 2 452 lite förbränd diesel. Detta motsvarar 53 944 kr (räknat med vanlig diesel) eller 67 919 kr (räknat med HVO bränsle) samt 6 549kg koldioxid.

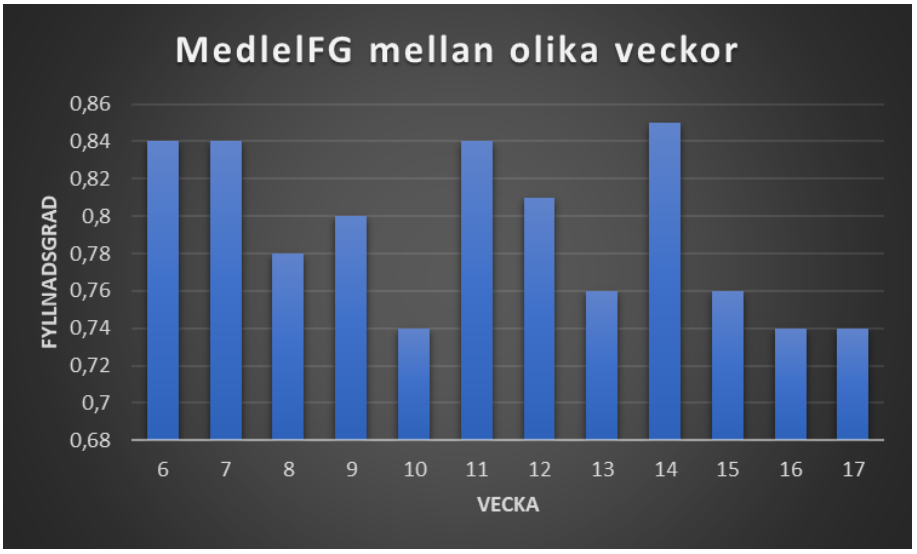
***Tabell 1**. Ineffektiv förbrukning av diesel för olika materialtyper och de koldioxidutsläpp samt kostnader som det ger upphov till*

Material	**Procent ineffektivt förbrukad diesel (%)**	**Diesel (L)**	**Kostnad vanlig diesel (SEK)**	**Kostnad HVO - diesel (SEK)**	**Koldioxid - utsläpp (Kg)**
Jord	2,4	528	11616	14625	1410
Asfalt	24	1360	29920	37672	3631
Betong	24,3	30	660	831	81
Lera & Silt	0,5	534	11748	14791	1427
TOTAL	N/a	2452	53944	67919	6549

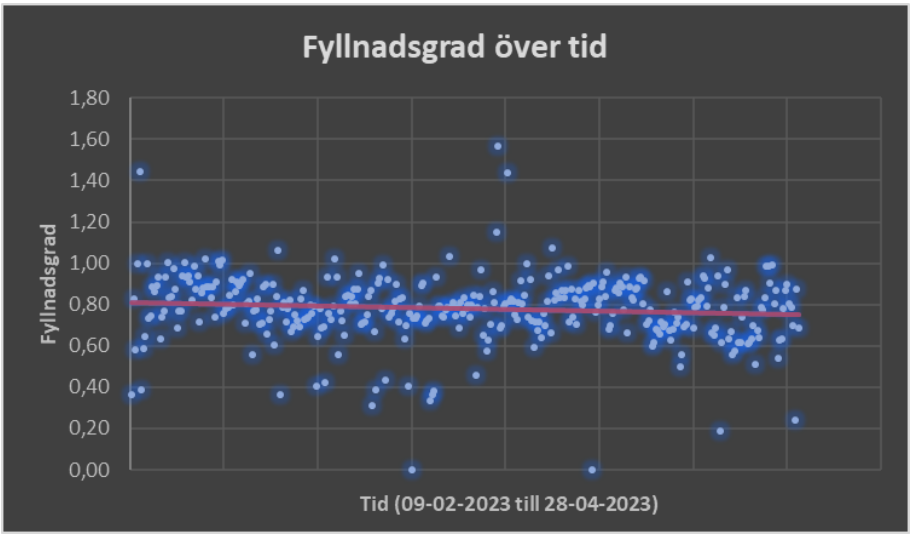
4.4 Analys av förändring i fyllnadsgrad i specifikt projekt

Ett specifikt projekt har studerats mer ingående för att se till vilken grad visualisering av data för fyllnadsgrad verkar ha använts för att öka transporteffektiviteten. Det specifika projektet valdes eftersom att det är ett av de första projekten där data för fyllnadsgrad finns tillgänglig. Projektet är fortfarande pågående och därav används den data som hittills finns tillgänglig. Alltså är data som använts inte komplett för projektet som helhet. Denna data sträcker sig från vecka 6 till vecka 17, år 2023. I projektet är det endast jord samt lera & silt som körts. Veckornas medel-fyllnadsgrader har beräknats och plottats i figur 12.

Ytterligare ett diagram plottades i figur 13, där varje individuell körning som gjorts under veckorna fick en egen datapunkt. När en linjär trendlinje introduceras i diagrammet återfinns en svagt negativ trend över tiden som arbetet har pågått.



Figur 12. *Medelfyllnadsgrad för vecka 6-17 år 2023 vid ett specifikt projekt, med fyllnadsgrad på y-axeln och vecka på x-axeln.*



Figur 13. *Fyllnadsgrad för alla körningar som skett vid det specifika projektet mellan 09-02-2023 till 28-04-2023, med fyllnadsgrad på y-axeln och tid på x-axeln. Den röda linjen presenterar den linjära trenden i förändring av fyllnadsgrad över tid.*

5 Diskussion

I detta kapitel diskuteras arbetets genomförande och resultat för att nå fram till slutsatser. Framtida studier som kan vara intressanta att genomföra tas också upp.

5.1 Diskussion av skillnader i sträcka vikt och transporteffektivitet

När tre envägs anovor genomfördes på sträcka, vikt och transporteffektivitet återfanns en signifikant skillnad mellan de olika materialtyperna i samtliga test. Samtliga test gav ett p-värde under 0,05 vilket betyder att nollhypotesen kan förkastas och att det finns en statistisk signifikans i testet. Materialtyperna var i denna analys asfalt, jord, lera, berg, oarmerad betong, armerad betong och blandat inerta material.

5.1.1 Transporteffektivitet (ton*km)

När medelvärden för materialtyperna plottades kunde en tydlig skillnad ses för oarmerad betong som med 3500 ton*km stack ut då det låg mycket högre i förhållande till alla andra materialtyper. Detta betyder alltså att oarmerad betong har en högre ton*km, vilket pekar på att den är mer ineffektivt transporterad i jämförelse med resterande material. Resten av materialen har relativt liknande värden som ligger mellan 250 och 1000 ton*km bortsett från jord som har ett något större värde på över 1500 ton*km.

5.1.2 Sträcka (km)

Vid analys av materialtypers skillnader i transportsträcka ligger samtliga material förutom oarmerad betong på relativt liknande nivåer, mellan 20 och 40 kilometer. Oarmerad betong har en genomsnittlig sträcka på lite över 100 km. D.v.s den transporteras ungefär 3 gånger längre än andra material i genomsnitt.

5.1.3 Vikt (ton)

När analys för vikt genomfördes återfanns ett mer jämnt resultat mellan materialtyperna. Även om oarmerad betong ligger högst, med en medelvikt på över 30 ton, finns det flera material som ligger i närheten. Jord och armerad betong ligger på över 25 ton och lera ligger på över 20 ton. Asfalt, blandat innert och berg ligger lägst, med en vikt mellan cirka 10-15 ton.

5.1.4 Implikationer av resultat i anovor av sträcka, vikt och transporteffektivitet

Resultaten tyder på att oarmerad betong transporteras mindre effektivt än andra materialtyper då den har en hög ton*km. När man går djupare in på vad detta beror på och analyserar sträcka och vikt var för sig kan man se att den avvikande höga ton*km som oarmerad betong visar sannolikt beror på transportsträckan. Detta eftersom de genomsnittliga vikterna som transporterats inte skiljer sig lika mycket mellan materialen som sträckan. Om någon annan materialtyp hade transporterats lika långt som oarmerad betong, så hade även det materialet haft väldigt höga ton*km. Frågan är varför just oarmerad betong transporteras så långt i förhållande till andra material.

En potentiell anledning till att oarmerad betong transporteras längre än andra material skulle kunna vara att den inte omfattas av undantaget i lagen om skatt på avfall §3. Detta innebär att andra material kan undkomma att betala skatt vid deponering, medan oarmerad betong blir dyr att deponera och istället körs längre sträckor för att återanvändas för att undvika avfallsskatt.

En annan anledning till att betong har längre transportsträckor än övriga material skulle kunna vara att potentiell återanvändning av betong ligger geografiskt längre bort än andra material. Jord, asfalt och bergkross kan exempelvis användas till att bygga bullervallar, utfyllnad, bankbreddning, mm. Oarmerad betong kanske transporteras längre, p.g.a sitt användningsområde vilket gör att den ser ineffektiv ut i ton*km. Det kan vara så att det är miljömässigt bättre att köra betong en längre sträcka för återanvändning, än att köra den en kortare sträcka till en deponi. Det går inte att utesluta att den långa transportsträckan för betong kan vara nödvändig för att nå en mer hållbar cirkulär ekonomi.

Det kan tyckas konstigt att endast oarmerad betong transporteras längre och inte den armerade betongen. Anledningen till att armerad betong körs kortare kan vara att data som används endast visar sträckan från uppkomsten av avfallet till nästa ställe där avfallet landar. Alltså kan det "nästa stället" vara en mellanstation där avfallet behandlas. Armerad betong kan behöva behandlas för att bli av med armeringen innan den kan återanvändas. Därför kanske den transporteras kortare i data som används i studien för att i nästa skede köras lika långt som oarmerad betong. Dock säger Pinpointer som hanterat dessa körningar att det oftast är samma mottagare för både oarmerad och armerad betong, vilket motbevisar den teorin.

5.2 Diskussion av beräkning av ineffektiva körningar

Vid denna analys beräknades ineffektiva körningar för att kunna uppskatta hur mycket ineffektiv dieselförbrukning som ineffektiva körningar ger upphov till samt vad detta ger upphov till koldioxidutsläpp och kostnader i SEK. I denna del av statistisk analys fanns det endast data tillgänglig för jordmassor, asfalt, lera och silt samt betong. Detta beror på att data med fyllnadsgrad är nytt för Pinpointers tjänst och därmed endast finns för en begränsad tidsperiod.

5.2.1 Antal ineffektiva körningar, diesel, koldioxid och kronor (SEK)

Det som kunde konstateras var att samtliga material har potentiellt ineffektiva körningar. Under de 3 månader som data är från beräknades 6% av körningar med jord, 21% av körningar med asfalt, 2% av körningar med lera och silt och 14% av körningar med betong vara ineffektiva utifrån den teoretiska modell som används. Totalt sett motsvarar detta 67 körningar, som potentiellt kan effektiviseras bort om alla lastbilar hade kört med 100% fyllnadsgrad.

Anledningen till att man vill effektiviseras bort dessa körningar är att de ger upphov till potentiellt onödiga utsläpp av koldioxid och potentiellt onödiga kostnader. Det är inte säkert att alla beräknade ineffektiva körningar faktiskt är helt onödiga. I de fall då det endast finns

en viss mängd material kvar att flytta blir det naturligt en låg fyllnadsgrad på en lastbil. Därmed är en låg fyllnadsgrad ibland oundviklig. Med bättre planering kan man dock se till att lastbilar som körs mitt under ett pågående projekt inte lastas med låga fyllnadsgrader.

5.2.2 Ineffektiva körningar i verkligheten

Det är viktigt att belysa att beräkningarna som gjorts fortfarande skulle beräkna en ineffektiv körning ifall en specifik lastbil gör 20 körningar med 95% fyllnadsgrad vid samtliga körningar. De 5% lastkapacitet som är över vid varje körning multiplicerat med alla körningarna ger ett helt flak som teoretiskt sett kunde körts mindre om lastbilen varit fylld till 100%. Att fylla alla lastbilar till 100% är dock orealistiskt och därmed kommer vissa körningar som beräknas som ineffektiva, i verkligheten vara nödvändiga.

Om en lastbil endast gör en körning i ett projekt kommer den enligt modellen anses vara effektiv oavsett vilken fyllnadsgrad som den körde med. Detta beror på att lastbilen enligt modellen aldrig kan uppnå ett tal som är över ett eftersom att ett minus vilket tal som helst som ligger mellan noll och ett inte kan bli större än ett.

5.2.3 Potentiellt sätt att förbättra fyllnadsgrader

En vanlig ersättningsform vid transporter med lastbil är ersättning per timme vilket inte skapar incitament för att köra mer effektivt. Om det istället sattes ett fastpris för att en viss mängd material skulle förflyttas hade det skapats incitamet för att köra mer effektivt. Detta eftersom att en chaufför kan bli klar snabbare och spara pengar genom att köra mer miljövänligt vid ett sådant avtal. Alternativt kan ett minimikrav för fyllnadsgrad sättas, vilket också skulle skapa mer effektiva transporter.

5.2.4 Fördelning av fyllnadsgrad jämfört med fördelning av effektivitet

När man jämför figuren för fördelning av fyllnadsgrader med figuren för fördelning av effektiva körningar, ineffektiva körningar samt överlastade lastbilar kan man se ett samband. När fördelningen av fyllnadsgrader är förskjuten åt vänster är antalet effektiva och överlastade körningar högre, medan antalet ineffektiva körningar är lägre. Dock är detta inte fallet för datan som beräknats för oarmerad betong. Detta beror på att majoriteten av lastbilarna som kört oarmerad betong endast körde en körning. Detta resulterar i att de anses effektiva i den teoretiska modellen, även om fördelningen av fyllnadsgrader ligger långt till höger. Det beror på att modellen alltid beräknar lastbilar som endast gjort en körning i ett projekt som effektiva körningar. En liknande effekt kan ses för asfalt som har en fördelning av fyllnadsgrader som är ganska centrerade och inte förskjuten åt varken höger eller vänster, men ändå visar en hög andel effektiva körningar. Även detta kan bero på att det är flera lastbilar som gjort en enda körning i ett projekt, vilket den teoretiska modellen beräknar som en effektiv körning oavsett fyllnadsgrad. Den vanligaste fyllnadsgraden för transporter av asfalt ligger mellan 0,8 och 0,6 vilket skulle kräva att en lastbil måste köra 3-5 körningar innan en ineffektiv körning beräknas med den teoretiska modellen. Detta är ytterligare en förklaring till att andelen effektiva körningar är så stor även om fördelningen av fyllnadsgrader inte är förskjuten långt åt vänster.

5.3 Diskussion av förändring av fyllnadsgrad i ett projekt

Målet med denna analys var att studera ett specifikt projekt mer ingående för att se till vilken grad visualisering av data för fyllnadsgrad har använts för att öka transporteffektiviteten. Tanken är att genom att göra data för fyllnadsgrad tillgänglig möjliggöra uppföljning av datan och därmed en möjlighet till att säkerställa att transporterna är effektiva och successivt förbättra transporterna i de fall som det finns en potential.

Resultatet visade att detta inte verkar ha skett i det aktuella projektet. Överlag visar trenden i diagram 13 att fyllnadsgraden faktiskt har en liten minskning över tid istället för den ökning som hade förväntats. När varje veckas genomsnittliga fyllnadsgrad ställdes upp över de 11 veckor som projektet har pågått, kunde en vågtrend observeras i diagram 12. Fyllnadsgraden pendlade periodvis mellan ett genomsnitt på 0,7 och 0,85 i ett vågmönster. Detta var oväntat och svårt att förklara eller koppla till verkligheten.

Detta tyder på att visualiseringen av fyllnadsgrad inte har utnyttjats på det tilltänka sättet för att öka fyllnadsgraden över tid. Det har förmodligen inte funnits någon löpande uppföljning av fyllnadsgraden i projektet. Detta kan bero på att det är svårt att ändra beetendemönster och för människor att ändra sitt arbetsätt.

Det specifika projektet som datan tagits från kan ha haft varierande lokala förutsättningar under tiden som det pågått eftersom att det utförs i storstadsmiljö. Det kan exempelvis varit svårt för vissa lastbilar att stå under längre perioder utan att skapa trafikträngsel. Vilket kan innebära att lastbilar under vissa perioder fått köra iväg med lägre fyllnadsgrader. (S. Widengren, personlig kommunikation, 24 maj 2023).

5.4 Svagheter med studien

Studien har vissa begränsningar, framför allt när det kommer till data. Det gäller både begränsningar i datamängd för fyllnadsgrad och för vissa materialtyper och typer.

5.4.1 Omfattning av data

Data som använts i studien kommer endast från ett företag, Pinpointer AB, vilket skulle kunna resultera i att den inte speglar helheten i landet beroende på vilken kundkrets som företaget har. Data kanske därmed inte är helt representativ. Exempelvis finns det få datapunkter för vissa materialtyper, såsom betong.

5.4.2 Mängden data

Antalet datapunkter varierade kraftigt mellan olika materialtyper. Detta tros ha givit en effekt på resultatet vid beräkningar av ineffektiva körningar eftersom exempelvis betong endast hade 7 datapunkter. Detta kan göra att resultat i beräkningar av ineffektiva körningar av betong bör ses på ganska skeptiskt med de få datapunkterna i åtanke.

5.4.3 Referensvärden

Studien tar fram beräknad data på ineffektiva körningars utsläpp och kostnader, men det är svårt att veta vad den informationen säger. Det hade varit bra att få in någon typ av referenspunkter för att tydligare visa hur värdena förhåller sig till andra körningars kostnader och utsläpp. Detsamma gäller vid analysen av sträcka, vikt och ton*km. Där hade det också varit intressant att jämföra mot referensvärden.

5.4.4 Tidigare studier

Det fanns få studier som gjorts tidigare inom området om transporteffektivitet i masshantering, vilket gjorde det svårt att hitta och jämföra resultaten. Tidigare studier var oftast utförda för helt andra branscher där helt andra saker transporterades, vilket gjorde dem ojämförbara.

5.4.5 Teoretisk modellering

Den teoretiska modelleringen hade vissa brister eftersom att den endast såg till induviduella lastbilar i ett specifikt projekt åt gången, istället för att kolla på alla lastbilar tillsammans för varje specifikt projekt. Detta leder till att den teoretiska potentialen för ineffektiva körningar i vissa fall underskattas i de fall då flera lastbilar har gjort få körningar i ett arbete. Detta beror på att en lastbil anses effektiv enligt modellen oavsett om den hade 1% fyllnadsgrad eller 100% fyllnadsgrad så länge den endast gör en körning ett projekt. I framtida studier bör alla lastbilars effektivitet i ett projekt beräknas tillsammans istället för induviduellt för att undvika detta problem.

5.5 Styrkor med studien

Även om det finns vissa brister i studien, så finns det även styrkor som är värda att lyfta fram.

5.5.2 Data

Även om vissa materialtyper haft få datapunkter vid vissa analyser i studien, så har data överlag varit bra och givande. Den har tillåtit en inblick i “vanliga” körningar som sker av schaktmassor varje dag i Sverige. Utan denna typ av samlade data hade det varit nästan omöjligt, eller extremt tidskrävande att samla in data.

5.6 Framtida studier

Under studiens gång stöttes det på flera ämnen som skulle kunna vara intressanta att undersöka i framtida studier. Vissa saker var även intressanta, men gjorde studien för omfattande och avgränsades därför bort. Dessa saker skulle dock kunna vara av intresse att undersöka i framtiden.

5.6.1 Överlastade lastbilar

I studie upptäcktes det att många lastbilar kör med överlastade flak. D.v.s mer last än sin tillåtna lastkapacitet. Det hade därför varit intressant att djupdyka i vad detta får för

konsekvenser, både för trafiksäkerhet och vägunderhåll, men även för miljön i form av utsläpp av partiklar och växthusgaser. Det hade också varit intressant att undersöka ifall det är miljömässigt mer hållbart att köra med en lite överlastad lastbil, eller med en lite underlastad lastbil.

5.6.2 Dieselförbrukning

I denna studien gjordes det ganska grova uppskattningar kring den ineffektiva dieselförbrukningen. Det skulle därför vara intressant att göra en mer djupgående studie som fokuserar på att ta fram en mer tillförlitlig modell för ineffektiv dieselförbrukning för att i framtiden kunna göra mer exakta uppskattningar.

5.6.3 Fyllnadsgrad

Det hade varit intressant att undersöka fler projekts utveckling av fyllnadsgrad över tid samt följa den övergripande utvecklingen av fyllnadsgrad över tid när mer data finns tillgänglig i framtiden.

6 Slutsatser

I detta kapitel presenteras slutsatser som studien har kommit fram till för att besvara de olika tre olika frågeställningarna som presenterades i början av studien.

Frågeställning 1: Hur skiljer sig transporteffektiviteten mellan olika materialtyper?

Det som kan konstateras är att det finns skillnader mellan materialtypers transporteffektivitet. Skillnaden ligger till störst del i hur långt materialen transporterats. Materialtypers transportvikt skiljer sig också, men skillnaden är inte lika stor.

Frågeställning 2: Hur stora utsläpp ger ineffektiva transporter av olika materialtyper upphov till i form av koldioxidutsläpp?

Utifrån de 1106 körningar mellan 2023-02-09 och 2023-04-28 som undersöktes, var 67 körningar ineffektiva. Dessa körningar uppskattas med beräkningar givit upphov till en merkostnad på 53944 kr eller 67919 kr, räknat utifrån priset på vanlig diesel samt HVO diesel i respektive ordning. Koldioxidutsläppen som de ineffektiva körningarna bidragit med uppskattas till 6549kg.

Frågeställning 3: Till vilken grad ledde visualisering av transporteffektivitet i form av fyllnadsgrad till mer effektiva transporter under ett pågående projekt?

Resultatet visade att fyllnadsgraden hade en liten minskning över tid i det specifika projektet som undersöktes. Detta tyder på att visualiseringen av fyllnadsgrad inte har utnyttjats på det tilltänka sättet för att öka fyllnadsgraden över tid. Det har förmodligen inte funnits någon löpande uppföljning av fyllnadsgraden i projektet.

Referenser

Avall Sverige. (2023). *Fakta och statistik ordlista*. Avfall Sverige https://www.avfallsverige.se/fakta-statistik/ordlista/

Arm, M., Lindberg, J., Helgesson, H. (2007). *Sammanställning av material och användningsområden, underlag i Naturvårdsverkets regeringsuppdrag av avfall i anläggningsarbeten*. Statens geotekniska institut. https://www.sgi.se/globalassets/publikationer/varia/pdf/sgi-v572.pdf

Brunsberg, T,. von Hofsten, H,. (2018). *Dieselförbrukning för skogslastbilar med bruttovikt på 77 och 90ton*. Skogforsk. (https://www.skogforsk.se/contentassets/e8dce8b2887f43fcaa4b759b5342a3be/arbetsrapport-978-2018.pdf

IEEP. (2008). *Environmental Harmful Subsidies (EHS): Identification and Assessment*. Institute for European environmental policy. (Bilaga 5) https://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/Annex%205%20-%20Calculations%20from%20the%20case%20studies.pdf

Lag om skatt på avfall (SFS 1999:673). Finansdepartementet S2. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-1999673-om-skatt-pa-avfall_sfs-1999-673

Miljöbalk (SFS 1998:808). Klimat- och näringslivsdepartementet. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808#K15

Naturskyddsföreningen. (2021). *Hållbara transporter*. Naturskyddsföreningen https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hallbara-transporter/

Naturvårdsverket. (u.d). *Avfallshierarkin visar stegen vi behöver ta*). Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/pagaende-arbeten/avfallshierarkin-visar-stegen-vi-behover-ta/

Naturskyddsföreningen. (7 april 2019). *Cirkulär ekonomi*. Naturskyddsföreningen. https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/cirkular-ekonomi/

Naturvårdsverket. (u.d). *Sveriges miljömål*. Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/

Pinpointer AB. (u.d). *Jord, schaktmassor, överskottsmassor, kärt barn har många namn! Här ska vi försöka reda ut begreppen!*. Pinpointer AB. https://www.pinpointer.se/jord.

Sveriges miljömål. (7 februari 2018). *Begränsad klimatpåverkan - saker företag kan göra*. Sveriges miljömål. https://www.sverigesmiljomal.se/stod-och-rad-i-miljoarbetet/begransad-klimatpaverkan---saker-foretag-kan-gora/

Sveriges miljömål. (2023). *Etappmålen*. Sveriges miljömål https://sverigesmiljomal.se/etappmalen/

S. Widengren, personlig kommunikation, 24 maj 2023

Tanka. (u.d). *Prishistorik*. Tanka. https://tanka.se/prishistorik

Trafikverket. (2022). *Juridisk tolkning av lagstiftning för masshantering*. Trafikverket. http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1630772/FULLTEXT02.pdf

Bildkällor

Bild 1

Från kieutruongphoto. (2022). *Grävmaskin arbete* [Bild].

https://pixabay.com/sv/photos/gr%c3%a4vmaskin-arbete-transport-lastbil-7047054/

Figur 1

Från Naturvårdsverket. (u.d). *Avfallshierarkin visar stegen vi behöver ta* [Bild]. https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/pagaende-arbeten/avfallshierarkin-visar-stegen-vi-behover-ta/

Figur 2

Från Västerviks kommun. (2022). *Miljö och miljömål - Ekologisk hållbarhet* [Bild]. https://www.vastervik.se/Trafik-och-infrastruktur/Samhallsutveckling-och-planering/Hallbar-utveckling/Miljomal/

Figur 3

Från Naturskyddsföreningen (2021). *Cirkulär ekonomi* [Bild]. https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/cirkular-ekonomi/