

Hantering av returlass vid beläggningsarbeten



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Teknik och samhälle / Trafik och väg**

Examensarbete:
Victor Bergkvist

© Copyright Victor Bergkvist

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2016

Sammanfattning

I en tid där ett allt större fokus läggs på miljön i form av klassificeringar av fordon, utsläppskrav, miljözoner och så vidare är det i kombination med en hård konkurrens på marknaden märkligt att inte större vikt har lagts på att effektivisera de transporter som man använder vid beläggningsarbeten på vårt vägnät. Arbetets syfte är att visa hur stora besparingar som man skulle kunna göra genom att optimera transporter, såväl ekonomiska som miljömässiga. För att visa det har beräkningar av verkliga objekt utförts i kombination med kvalitativa intervjuer med folk i branschen.

Sättet som transporter utförs på idag är inte optimala. Detta då det vid beläggningsarbeten transporteras bort uppfräst asfalt till asfaltverket och nytillverkad asfalt tillbaka till arbetsplatsen. Den uppfrästa asfalten transporteras dock av ett visst antal bilar samtidigt som den nytillverkade transporteras av en annan uppsättning bilar, vilket innebär att alla bilar kör tomma i en riktning.

Resultaten har visat att den föreslagna metoden, som innebär att samma enheter transporterar både uppfräst material och nytillverkad massa är mycket lönsamt både ekonomiskt och miljömässigt på rätt typer av objekt. Med rätt typer av objekt avses de med något längre transportlängder, samt de där garantitidsutbetalningar undviks genom ett bättre utnyttjande av varje transportenhet. Vid dessa objekt kan den ekonomiska samt den miljömässiga förbättringen vara upp mot 40 %.

Vid intervjuer med folk i branschen har det framkommit att det förvisso finns en hel del tekniska problem att lösa, främst gällande transportenheternas utformning, men också att det finns ett stort intresse och att metoden inte på något sätt skulle vara ogenomförbar även om den framförallt till en början skulle kräva mer administration och planering.

För att kunna införa metoden skulle det krävas att ersättningen till åkerierna ökade, då dessa skulle få förhöjda kostnader i form av ökat slitage på ekipagen samt en ökad bränsleförbrukning, till följd av ett mer effektivt lastkapacitetsutnyttjande. Denna extra ersättning är också tänkt att fungera som en bonus för att utvecklingen av bättre anpassade flak och kapell ska drivas av åkerierna själva.

Nyckelord: Beläggning, returlass, ekonomi, miljö.

Abstract

We live in a time where there is an increasing focus on the environment, in terms of classification of vehicle emission standards and environmental zones. Along with this and the fierce market competition that exists, it is odd that a greater effort has not been made in making material-transport more effective by renewing the tarmac on our road-network. The purpose of this report is to show the savings, both economic and environmental, that could be made by optimizing material transport. To show this, calculations of real objects have been made in combination with qualitative interviews with people from the industry.

The way in which transport is made today is not optimal. When renewing the road-surface, the old milled asphalt material is being transported to the asphalt plant and newly manufactured asphalt back to the worksite. However, milled asphalt is being transported back to the plant with one set of trucks, and at the same time another set of trucks are transporting new asphalt back to the worksite. This means that all vehicles are running empty in one direction.

The results from this report have shown that the proposed improved method, which means that the same vehicles carrying both old material and newly made asphalt is very profitable both in economic and environmental terms when used at the ideal worksites. The definition of an ideal worksite denotes those with longer transport lengths as well as those when guaranteed time payments are avoided through better use of each transport unit. In these cases, both the economic and environmental improvement can be up to 40 %.

When interviewing people from the industry, it emerged that there are indeed a lot of technical problems to solve, mainly concerning the design of the vehicles. It was also discovered that there was a lot of interest for the proposed method, and results suggest that the method is not in any way impossible to implement. However, it would initially involve a lot of administration and planning.

In order to implement this method, it would initially require higher compensation to the haulage companies, mainly because of the increased costs in form of more wear on the vehicles as well as higher fuel consumption, which leads to the more efficient use of the vehicles loading capacity. This additional compensation would also serve as a bonus to make the haulers themselves more motivated in developing more adapted vehicles.

Keywords: Tarmac, return load, economic, environmental.

Förord

Detta examensarbete om 22,5 högskolepoäng har utförts som en avslutande del av högskoleingenjörsutbildningen i byggt teknik med inriktning på väg och trafik vid Lunds tekniska högskola. Efter att i åtta år innan utbildningen påbörjades arbetat inom beläggningsbranschen har jag varit på väldigt många olika arbetsplatser och därigenom kunnat se vissa brister i hur man arbetar. Därför var det självklart för mig att skriva om ett ämne som jag flera gånger tidigare reflekterat över, framförallt när jag varit delaktig i olika anbudsräkningar och sett den konkurrens som råder på marknaden.

Jag vill dels tacka Svevia som ställt upp med en kontorsplats med tillgång till dator samt de personer som ställt upp på intervjuer och med sina erfarenheter givit arbetet mer verklighetsförankring och tyngd. Jag vill även passa på att tacka min handledare Stefan Olander för diverse tips och idéer.

Min förhoppning är att detta arbete kommer att ligga till grund för framtida praktiska försök, där jag är övertygad om att resultatet kommer att vara tillfredsställande.

Lund, maj 2016

1 Inledning	1
1.1 Kort bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsning	2
2 Metodik	3
3 Teori	5
3.1 Beläggningsarbete	5
3.1.1 Fräsning	5
3.1.1.1 Lådfräsning	5
3.1.1.2 Planfräsning	6
3.1.1.3 Anslutningsfräsning	6
3.1.2 Utläggning	6
3.1.2.1 Asfaltläggare	6
3.1.2.2 Shuttle buggy	7
3.2 Produktivitet	8
3.3 Lastbilstransporter	9
3.3.1 Definition	9
3.3.2 Bränsle	9
3.3.3 Förbrukningsenheter	9
3.3.4 Styrmedel för ett mer hållbart transportarbete	10
3.3.4.1 Euroklasser	10
3.3.4.2 Miljözoner	10
3.3.5 Koldioxidutsläpp	11
3.3.5.1 EU:s klimatmål	11
3.3.5.2 Konsekvenser	11
3.3.5.3 Utsläpp per liter diesel	13
3.3.6 Den enskilda lastbilens koldioxidutsläpp	13
4 Nulägesanalys	15
4.1 Fräsning	15
4.1.1 Sopning	16
4.2 Asfaltering	16
4.3 Arbetstider	17
4.4 Transporter	17
4.4.1 Arbetsgång beläggningstransporter	17
4.4.2 Transportkostnad	19
4.4.2.1 Garantitid	20
5 Föreslagen arbetsmetod	21
6 Beräkningar	22
6.1 Objekt 1	23
6.1.1 Utförande med returlass	25
6.1.2 Ekonomiska aspekter	26

6.1.3 Miljömässiga aspekter	26
6.1.3.1 <i>Beräkningar traditionell arbetsmetod</i>	27
6.1.3.2 <i>Beräkningar med returlass</i>	27
6.1.4 Kommentarer angående beräkningsresultat	28
6.2 Objekt 2	29
6.2.1 Utförande med returlass	30
6.2.2 Ekonomiska aspekter	31
6.2.3 Miljömässiga aspekter	32
6.2.3.1 <i>Beräkningar traditionell arbetsmetod</i>	32
6.2.3.2 <i>Beräkningar med returlass</i>	33
6.2.4 Kommentarer angående beräkningsresultat	34
6.3 Objekt 3	35
6.3.1 Utförande med returlass	37
6.3.2 Ekonomiska aspekter	37
6.3.3 Miljömässiga aspekter	38
<i>Beräkningar traditionell arbetsmetod</i>	38
6.3.3.1	38
6.3.3.2 <i>Beräkningar med returlass</i>	39
6.3.4 Kommentarer angående beräkningsresultat	40
6.4 Objekt 4	41
6.4.1 Utförande med returlass	42
6.4.2 Ekonomiska aspekter	43
6.4.3 Miljömässiga aspekter	44
6.4.3.1 <i>Beräkningar traditionell metod</i>	44
6.4.3.2 <i>Beräkningar med returlass</i>	44
6.4.4 Kommentarer angående beräkningsresultat	45
6.5 Objekt 5	45
6.5.1 Utförande med returlass	47
6.5.2 Ekonomiska aspekter	48
6.5.3 Miljömässiga aspekter	49
6.5.3.1 <i>Beräkningar traditionell arbetsmetod</i>	49
6.5.3.2 <i>Beräkningar med returlass</i>	50
6.5.4 Kommentarer angående beräkningsresultat	51
7 Intervjuer	52
7.1 Transportledare vid ett medelstort åkeri.....	52
7.2 Arbetschef fräsning.....	53
7.3 Entreprenadingenjör utläggning	54
8 Resultat.....	56
8.1 Resultat av utförda beräkningar	56
8.1.1 Objekt 1	57
8.1.2 Objekt 2.....	57
8.1.3 Objekt 3.....	57

8.1.4 Objekt 4	57
8.1.5 Objekt 5	58
8.2 Analys av beräkningsresultat	58
8.3 Resultat av intervjuer	59
8.4 Analys av intervjuresultat	59
9 Diskussion och slutsatser	60
9.1 Resultatdiskussion	60
9.1.1 Beräkningsresultat.....	60
9.2 Intervjuer	61
9.3 Metoddiskussion.....	61
9.3.1 Teori.....	61
9.3.2 Beräkningar	61
9.3.3 Intervjuer.....	62
9.4 Slutsatser	62
9.4.1 Rekommendationer	63
9.4.1.1 <i>Använd metoden på rätt objekt.</i>	63
9.4.1.2 <i>Ekonomisk ersättning till åkerierna.</i>	63
9.4.1.3 <i>Administration</i>	63
9.4.1.4 <i>Förslag till vidare studier</i>	63
10 Referenser	65
11 Bilaga	67
Intervjufrågor	67

1 Inledning

I det här kapitlet presenteras information som är tänkt att ge den bakgrundsinformation som i slutändan lett fram till detta examensarbete, syftet med det, samt vilka avgränsningar som gjorts.

1.1 Kort bakgrund

Vid beläggningsarbeten krävs det ofta flera olika transporter för att leverera nytt material men också för att bortforsla gammalt. För detta används uteslutande tunga fordon, vilket innebär att dessa har en totalvikt som överstiger 3,5 ton (Transportstyrelsen, u.d.). Bränsleförbrukningen för dessa fordon som i nästan alla fall drivs av dieselbränsle är enligt omfattande undersökningar av dragbilar i anläggningsbranschen 0,447 liter per kilometer (Hammarström & Yahya, 2000) och ger upphov på ett koldioxidutsläpp motsvarande 2,95 kg (Statoil, 2013).

Vid beläggningsarbeten på stora vägar med höga trafikflöden så skall den frästa ytan ofta beläggas inom samma skift, vilket innebär att arbetet samkörs mellan fräs och utläggning. Det material som fräses upp tippas ofta på samma plats som den nya asfaltsmassan hämtas, vilket ibland kan ske upp mot 100 km bort. Fräsens bilar kör med fulla lass till asfaltverket och tomma tillbaka samtidigt som beläggningsens bilar kör tomma till verket och fulla med asfalt tillbaka (Svensson, 2016). Detta innebär att alla transporter kör tomma i en riktning.

Anledningen till att man inte använder en metod som innebär att transportenheterna kör med lass i båda riktningar beror på att det finns en del svårigheter med metoden, framförallt att transportörerna är motvilliga till denna typ av arbete. Detta då det dels minskar antalet transporter, att uppfräst material tenderar att fastna i dem varma flaken och att asfaltkapellen är utsatta vid lastning (Peterson, 2016).

1.2 Syfte

Mitt syfte med rapporten är att undersöka vilka miljömässiga och ekonomiska effekter som ett arbetssätt med returlass skulle innebära.

Frågeställning:

- Vad krävs för att transportörerna ska utföra returlass?

- Hur kan man lösa problemet med logistik samt problemen med material som fastnar och asfaltkapell som förstörs?
- Hur stora besparingar skulle arbetssättet ge upphov till med avseende på koldioxidutsläpp samt ekonomi?

1.3 Avgränsning

Rapporten tar i beräkningar inte hänsyn till nya bränslen och tekniker som minskar koldioxidutsläppen. Det läggs heller ingen vikt vid att beräkna hur oförutsedda händelser som stoppar produktionen påverkar lönsamheten. Vidare kommer jag inte att i detalj gå in på varför som det uppfrästa materialet fastnar i de varma flaken.

2 Metodik

Detta kapitel beskriver rapportens metod, det vill säga en mer ingående beskrivning av hur rapporten byggts upp och på vilket sätt som de olika delarna utförts på.

För att ge en grundläggande förståelse för de ingående parametrar angående det ämne som rapporten behandlar beskrivs den teoretiska bakgrunden. Här förklaras utifrån tidigare utgiven litteratur och intervjuer de delar som är viktiga att känna till för att kunna förstå innebörden i efterkommande kapitel.

Författaren har inte hittat några direkt användbara källor för rapportens ämne, utan de källor som använts beskriver mer de bakomliggande faktorerna till varför ämnet är relevant. Teoridelen inriktar sig således huvudsakligen på tre delar, dels själva beläggningsarbetet, dels på miljöaspekter och slutligen på det utförda transportarbetet som vävs in i de två föregående delarna.

För att vidare ge läsaren en mer praktisk bild av hur hela beläggningsprocessen exklusive själva tillverkningsdelen ser ut, beskrivs arbetsgången detaljerat i nulägesanalysen. Varje del av processen beskrivs separat, där dessa sedan kommer att användas i beräkningskapitlet. Denna del är framförallt baserad på de erfarenheter som författaren tillskansat sig under 10 års arbete i branschen.

För vidare beräkningar beskrivs därefter en alternativ arbetsmetod som tagits fram genom enkel logik, där en optimering av transportkapaciteten eftersträvas. Varje steg i den föreslagna metoden beskrivs för sig och illustreras även grafiskt. Det är denna metod som utgör grunden i hela arbetet.

För att undersöka hur användandet av den föreslagna metoden skulle falla ut i verkligheten görs beräkningar för att påvisa detta ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Beräkningarna är redovisade så att det ska vara möjligt att följa varje steg och därigenom förstå ar resultatet kommer ifrån. Då beräkningarna tar hänsyn till flera olika variabler har jag varit tvungen att med hjälp av intervjuer och egen erfarenhet uppskatta vissa siffror för att kunna göra vidare beräkningar.

För att ge ytterligare information samt ge en bild av hur den föreslagna metoden uppfattas av branschfolk har intervjuer utförts av författaren. På grund av det valda ämnet har kvalitativa intervjuer ansetts vara det bästa då en kvantitativ studie skulle vara svår att genomföra, beroende på att ämnet är relativt komplext och kräver att intervjupersonen är insatt, vilket i sin tur skulle försvåra och begränsa urvalet.

Det huvudsakliga syftet med intervjuerna är att få en bild av vad andra personer med vana och insyn i branschen tror om metoden. Urvalet har utförts så att olika personer som jobbar i olika befattningar och på olika avdelningar inom beläggning samt i åkeribranschen har deltagit, detta för att på så vis få en så objektiv bild som möjligt. Intervjuerna har förberetts genom att en del huvudfrågor har förberetts, vilka har varierat något beroende på vem intervjupersonen är. Huvudfrågorna är alltså det som legat till grund för intervjun även om själva intervjun har utförts mer som ett vanligt samtal. Detta för att öppna upp för följdfrågor och funderingar.

3 Teori

I detta kapitel beskrivs de olika delar som rapporten behandlar, detta för att ge en grundläggande teoretisk förståelse för de olika parametrar som kommer att ligga till grund för kommande beräkningar. Innehållet i teorin är främst inriktat på bakomliggande faktorer som i sin tur leder fram till varför det finns ett problem med nuvarande arbetsmetod.

3.1 Beläggningsarbete

Varje år köper trafikverket underhåll av beläggningar från entreprenörerna för cirka 3 miljarder SEK. Med underhåll av beläggningar så räknas allt från lagning av sprickor och hål till att man byter ut hela den aktuella beläggningen (Trafikverket, 2015).

3.1.1 Fräsning

Ibland kan man påföra ny beläggning ovanpå den gamla, vilket är vanligt på mindre trafikerade vägar. På större objekt behöver man dock oftast göra någon form av avjämning av befintlig vägyta, alternativt helt ta bort delar av beläggningen. Nedan beskrivs de vanligaste typerna av fräsningens arbeten var för sig, men de kan också kombineras med varandra beroende på varje specifikt objekt (Svensson, 2016).

3.1.1.1 Lådfräsning

När en beläggningsåtgärd ska utföras på endast en del av väggroppen, till exempel ett körfält på en motorväg, fräses man bort asfalt till ett djup som motsvarar den mängd asfalt som sedan ska påföras. Vanliga fräsdjup är 20-40mm för slitlager och 40-60mm för bindlager. Denna typ av fräsning är mycket vanlig på högtrafikerade vägar och samkörs ofta med utläggningen av ny asfaltmassa. Då lådfräsningen gör att det bildas kanter mot omgivande beläggning är den inte lämplig att trafikera, speciellt inte på högtrafikerade vägar. Att en fräslåda samkörs med utläggningen innebär att den uppfrästa lådan återfylls med ny asfalt inom samma skift och därigenom kan trafikeras någon timme efter avslutat beläggningsarbete (Svensson, 2016).

Lådfräsningen utförs med millimeterprecision för att säkerställa att rätt mängd asfalt kan påföras utan att det bildas kanter mot omgivande vägyta. Efter att lådan blivit fräst sopas den och tvättas med högtryck av en speciellt utrustad

sopmaskin. Detta ger i sin tur bättre vidhäftning för den asfalt som ska påföras (Svensson, 2016).

3.1.1.2 Planfräsning

Planfräsning utförs i de fall där underlaget är ojämnt eller på annat vis är icke tillfredsställande för att beläggning ska kunna påföras. Planfräsning kan exempelvis användas för att förbättra vattenavrinningen på en väg, skapa fall mot dagvattenbrunnar, säkerställa rätt kantstensvisning, ta bort ojämnheter i alla led, ändra vägens tvärfall, osv.(Svensson, 2016).

Till skillnad från lådfräsning lämnar inte planfräsningen några kanter förutom vid korsande vägar. Man kan generellt säga att den utförs där det finns ett behov, vilket innebär att om en lång vägsträcka ska beläggas med ny asfalt kan det räcka med att man planfräser vissa partier, såsom genom ett samhälle med kantsten eller där hjulspåren är extra djupa (Svensson, 2016).

Det är även ganska vanligt att planfräsning utförs med maskinstyrning, vilket innebär att en modell av vägen skapats i datormiljö som sedan matas in i maskinstyrningsutrustningen på fräsen. Genom att maskinens position sedan räknas ut med hjälp av totalstationer kan fräsdjupet justeras automatiskt efter modellen (Svensson, 2016).

3.1.1.3 Anslutningsfräsning

Vid asfaltering av ytor som inte ska fräsas före påförande av ny beläggning behöver man ofta utföra viss anslutningsfräsning. Detta innebär att om det nya asfaltslagret är 4cm tjockt, kan man behöva fräsa 4 cm djupt mot omgivande gator och hinder för att göra plats till det nya lagret samt att göra mjuka övergångar mellan gammal och ny beläggning (Svensson, 2016).

3.1.2 Utläggning

Det finns olika metoder vid utläggning av ny asfaltsmassa, vilken som är mest lämplig beror på det aktuella objektet. Vid utläggning på större objekt som samkörs med fräsning är det uteslutande utläggning med packande maskin som används.

3.1.2.1 Asfaltläggare

En asfaltläggare kan se ut på olika vis men generellt sett kan man säga att den är uppbyggd av två delar; traktordel och skriddel. Traktordelen är den främre

delen av läggaren som tar emot materialet och lagrar det i tråget varifrån det sedan transporteras till skriden. På traktordelen finns även motor samt alla reglage förutom den nivelleringsutrustning som används för höjdställning av den nya asfaltmassan (Sandahl, 2005).

Den i tråget tillförda asfaltmassan transporteras vidare bak till skriden där den fördelas ut med fördelningsskruvar över hela skridens bredd. Skriden är fäst i traktordelen med två så kallade dragarmar, vilket gör att den kan röra sig relativt fritt i höjddled gentemot traktordelen. Dragarmarna är fästa i mitten av traktordelen där påverkan av ojämnheter i underlaget är minst, vilket gör att mindre ojämnheter utjämnas automatiskt av skriden då denna flyter ovanpå det nylagda lagret. För att åstadkomma ett bra resultat är det dock viktigt att läggaren framförs i en jämn hastighet, med ett jämnt materialflöde så att mängden massa framför skriden hålls relativt konstant. Detta då en minskad mängd material framför skriden gör att den tenderar att sänka sig och en ökad mängd material gör att den höjer sig, vilket skapar ojämnheter i det färdiga asfaltlagret. Förutom ovan nämnda läggningssätt med flytande skrid kan man även höjdstyra skriden med nivelleringsutrustning såsom skarvföljare, skida, maskinstyrning, tvärfall och liknande för att på så vis profilera om en väg. Skriden är även utrustad med någon form av packningsutrustning för att kunna förpacka asfaltlagret före vältningen (Sandahl, 2005).

3.1.2.2 Shuttle buggy

Vid utläggningsarbeten på större vägar finns det idag ofta krav på att någon form av homogeniseringsutrustning används för att säkerställa att asfaltmassan är homogen precis före utläggningen (Trafikverket, 2016). För att uppfylla dessa krav används vanligen en så kallad Shuttle buggy. Detta är en mellanlagringsenhet som kör framför läggaren. I denna kan upp till 25 ton asfalt tippas som sedan blandas av maskinen och transporteras vidare via ett lastband till utläggningsmaskinens tråg. Detta gör att en jämnare temperatur uppnås, att materialet blir mer homogeniserat samt att de transportenheter som används snabbare kan lossa sin last (Roadtec, u.d.)



Figur 1, Illustration av Shuttle buggys funktion (Roadtec, u.d.)

3.2 Produktivitet

Produktivitet, vilket är det samma som effektivitet kan anges som kvoten mellan tillförd energi och genererad. För att översätta detta i ekonomiska termer kan nedanstående formel användas där produktionsfaktorn styrs av det som produktionen genererar kontra det som krävs för att möjliggöra produktionen (Harris, et al., 2013).

$$\text{Produktionsfaktor} = \frac{\text{Genererad}}{\text{Tillförd}}$$
$$= \frac{\text{Producerade varor och tjänster}}{\text{Naturresurser} + \text{HR} + \text{Kapitalvaror} + \text{Entreprenörskap}}$$

Ingående parametrar:

Produktionsfaktor: Kvoten mellan genererat värde och tillfört värde

Producerade varor och tjänster: Värdet av de produkter och tjänster som produktionen ger upphov till.

Naturresurser: Mark, fossila bränslen, mineraler, olika material osv.

HR: Human Resources. Den mentala och fysiska arbetskraft som krävs.

Kapitalvaror: De investeringar som behövs för att möjliggöra produktion. Innebär ofta investeringar i maskiner, faciliteter, infrastruktur osv.

Entreprenörskap: För att möjliggöra produktion krävs entreprenörskap och ett visst kapital. Dessutom krävs ledarskap och kunskap för att kunna vara flexibla samtidigt som lagar och regler följs.

För att kunna öka produktionsfaktorn och därmed öka förhållandet mellan genererat och tillfört värde ligger utmaningen i att öka kapaciteten, vilket görs genom att parametrarna inom det tillförda värdet optimeras. De tillförda parametrarna förändras succesivt till följd av den ständigt pågående utvecklingen framförallt inom kapitalvaror, där den ökade energieffektiviteten gör att man kan producera mer till ett lägre pris (Harris, et al., 2013).

3.3 Lastbilstransporter

3.3.1 Definition

När man talar om lastbilar så menar man generellt ett fordon som är inrättat för att utföra godstransporter dock så skiljer man på de så kallade lätta lastbilarna och de tunga. De lätta har en totalvikt som understiger 3,5 ton och får framföras enligt aktuell vägsträckas hastighetsbegränsning. De tunga lastbilarna har en totalvikt som överstiger 3,5 ton, dessa får till skillnad från de lätta lastbilarna bara framföras i 90 km/h på motortrafikled och motorväg. Vid andra mindre vägar eller om lastbilen kopplas samman med släp är den högsta tillåtna hastigheten 80 km/h. För att få framföra en lätt lastbil räcker det med behörighet B på körkortet, medan det för tung lastbil krävs C-behörighet och för släp E-behörighet (Transportstyrelsen, u.d.)

3.3.2 Bränsle

I Sverige fanns vid slutet av 2014 ungefär 80 000 svenskregistrerade tunga lastbilar som tillsammans under 2014 körde nära 402 miljoner mil. Av dessa drivs nästan 98 % av diesel, vilket är en direkt följd av att dessa motorer är mer energieffektiva än bensinmotorer. Dieselmotorer har en bättre förbränning och förbrukar mindre bränsle som i gengäld ger lägre utsläpp av koldioxid. Det skall dock nämnas att dieseldrivna fordon släpper ut större mängder av andra skadliga ämnen så som partiklar, kolväten, kväveoxider och kolmonoxid (Izzo & Myhr, 2015).

3.3.3 Förbrukningsenheter

För att ange förbrukning eller utsläpp används dels måttet liter per fordonskilometer, som anger förbrukad mängd bränsle eller utsläppsmängd för att förflytta fordonet en kilometer. Detta mått är dock inte särskilt användbart när man talar om transporter, där förbrukning och utsläpp påverkas av flera olika faktorer, där lastvikten är den viktigaste och som också varierar i olika hög grad. För att beskriva förbrukning och utsläpp kan därför även måttet förbrukad mängd bränsle eller mängd utsläpp per tonkilometer användas, där tonkilometer är fraktad vikt multiplicerat med transportlängden. Om exempelvis en fordonskombination lastar 30 ton och kör 100 km på 60 liter diesel blir förbrukningen per tonkm (Izzo & Myhr, 2015):

$$\frac{L}{\text{tonkm}} = \frac{60}{30 * 100} = 0,02$$

3.3.4 Styrmedel för ett mer hållbart transportarbete

För att hela tiden kunna påverka utvecklingen så att allt mer energieffektiva fordon används finns det en så kallad koldioxidskatt som betalas som en del i bränslepriset. Syftet med denna skatt är att förutom att minska förbrukningen även att gynna andra alternativa och mer miljövänliga bränslen. Även om skatten på drivmedel är relativt hög bedömer man att den för de tunga transportererna inte fullt ut bekostar de klimatpåverkande utsläppen som de gör upphov till (Izzo & Myhr, 2015).

3.3.4.1 Euroklasser

Redan 1982 började man reglera avgasutsläpp för tunga fordon inom Europa och från 1995 har kraven på tillverkarna succesivt skärpts genom införande av EU-standarder. Klassificeringen anges i olika steg från Euro 0 upp till Euro 6 som började gälla från och med den förste januari 2014 på nytillverkade motorer. Euroklasserna återfinns nedan i Tabell 1 där varje klass anges med de riktvärden som gäller för utsläpp av kväveoxider (NO_x), partiklar (PM), kolväten (HC) och koloxid (CO) samt vilket år de tagits fram (Izzo & Myhr, 2015).

Tabell 1, Euroklassificering av tunga fordon: Godkända utsläpp gram/kWh (Izzo & Myhr, 2015).

KLASS	KRAV FR	NO_x	PM	HC	CO
EURO 0	1990	14,4	-	2,4	11,2
EURO 1	1993	8,0	0,36	1,1	4,5
EURO 2	1996	7,0	0,15	1,1	4,0
EURO 3	2000	5,0	0,1	0,66	2,1
EURO 4	2005	3,5	0,02	0,46	1,5
EURO 5	2008	2,0	0,02	0,46	1,5
EURO 6	2013	0,4	0,01	0,13	1,5

Som synes ovan har införandet av de nya kraven gjort att utsläppen minskat drastiskt inom de områden som anges. Framförallt förbättras miljön i tätbebyggda områden där den naturliga ventilationen är låg, samt att övergödningen minskar. Utvecklingen har således medfört att utsläppen per producerad kilowattimme har minskat anmärkningsvärt (Izzo & Myhr, 2015).

3.3.4.2 Miljözoner

Förutom vid nytillverkning av motorer så kan euroklasserna användas för att förbjuda lägre klassade motorer på vissa platser. Kommunerna kan införa så kallade miljözoner för att på så vis stänga ute tunga lastbilar och bussar som

inte uppfyller en viss euroklassnivå. Miljözonerna är placerade i stadskärnor och andra särskilt känsliga områden där man vill förbättra den lokala miljön. Det finns idag miljözoner i Stockholm, Göteborg, Malmö, Uppsala, Helsingborg och Lund. Generellt sett får man som fordonsägare trafikera miljözonerna i 6 år från det att första registreringen skett av fordonet och 8 år om fordonet uppfyller minst Euro 3. Euro 4 får köra till och med år 2016 i miljözon och euro 5 till och med år 2020 (Transportstyrelsen, u.d.).

3.3.5 Koldioxidutsläpp

Av EU:s totala koldioxidutsläpp står vägtrafiken för ungefär en femtedel och är det enda område där utsläppen av växthusgaser fortfarande ökar. Sedan år 1990 har koldioxidutsläppen ökat med 20,5 % från transportsektorn och de tunga lastbilarna och bussarna står för ungefär en fjärdedel av de totala koldioxidutsläppen från vägtransporterna och cirka 6 % av alla koldioxidutsläpp (European commission, 2016).

Globalt sett ökar koldioxidutsläppen och uppgår årligen till ungefär 35 miljarder ton. Räknat från tiden före industrialiseringen och förbränningen av fossila bränslen så har koldioxidhalten i luften ökat med 40 % och fortsätter att årligen stiga med cirka 0,4 % (Naturvårdsverket, 2016).

3.3.5.1 EU:s klimatmål

EU har för att motverka att den globala uppvärmningen ökar med mer än 2 grader gentemot före industrialiseringen infört ett klimatmål. För att uppnå detta menar man att utsläppen av växthusgaser måste minska med 50 % till år 2050 räknat från nivåerna år 1990, dessutom måste utsläppen vara nära 0 år 2100. I slutet av 2015 i Paris antog man vid FN:s klimatkonferens ett avtal som börjar gälla år 2020, där man formulerat olika åtgärder för att nå målet. Avtalet kommer att vara rättsligt bindande och ska följas upp vart femte år, där alla inblandade länder ska redovisa vilka resultat som uppnåtts (EU-upplysningen, 2015).

För att bestämma vilka olika utsläppsnivåer ett medlemsland i EU får ha har man tagit hänsyn till det enskilda landets ekonomiska utvecklingsnivå. Detta innebär att de länder med god ekonomi ska minska sina utsläpp mer än vad andra fattigare länder behöver, vilka till och med i vissa fall kommer att kunna öka sina utsläpp (EU-upplysningen, 2015).

3.3.5.2 Konsekvenser

Huvudproblemet med de höga utsläppen av koldioxid är att det driver den så kallade växthuseffekten. Denna beskrivs bäst genom att koldioxid som är den största drivfaktorn för växthuseffekten släpps ut vid förbränning av fossila

bränslen. Koldioxiden gör sedan att atmosfärens förmåga att behålla värmestrålning ökar, vilket i sin tur gör att medeltemperaturen på jorden ökar. Samtidigt har inte temperaturen ökat så mycket som växthuseffekten egentligen skulle kunna bidra till då andra utsläpp i form av partiklar hindrar en del av solljuset från att träffa jordytan (Naturvårdsverket, 2016).

Som nämnts tidigare har den högsta tillåtna temperaturökningen fastslagits till 2 grader utifrån förindustriella nivåer. Enligt International Energy Agency som är en organisation som arbetar för att säkerställa renare energi för sina 29 medlemsländer (International Energy Agency, 2016) så bedöms temperaturen om nuvarande utsläppstrend håller i sig uppgå till 6 grader. För att målet om 2 grader ska kunna uppnås har flera forskare enats om att utsläppen måste nå sin topp mellan 2015 och 2020 för att därefter snabbt minska (Falkner, 2013).

Även om de flesta är överens om att utsläppen av växthusgaser måste minska är det dock inte lika enkelt att genomföra förändringar i praktiken. Detta beror till stor del på att världsekonomin bygger på användandet av fossila bränslen, bland annat genom transporter, lantbruk, industrier, energi osv. Dessutom lyfts utsläppen per capita fram som ett stort problem då en invånare i USA ger upphov till cirka 19 ton koldioxid om året jämfört med en invånare i Indien som endast ger upphov till 1,2 ton. Samtidigt vill dessa människor leva på samma standard som i mer utvecklade länder, vilket i så fall skulle öka utsläppen avsevärt. En ökning av användandet av fossila bränslen i dessa utvecklingsländer skulle även göra att om vi i västvärlden löser våra utsläppsproblem så kommer utsläppen fortfarande vara mycket stora från övriga världen, vilket i sin tur leder till frågan om vem som är mest ansvarig, de som från början gett upphov till problemen eller de som i dagsläget bidrar till dem. Konsekvenserna av klimatförändringarna kommer att upplevas olika på olika platser, där de fattigare delarna mest troligt kommer att drabbas hårdast (Falkner, 2013).

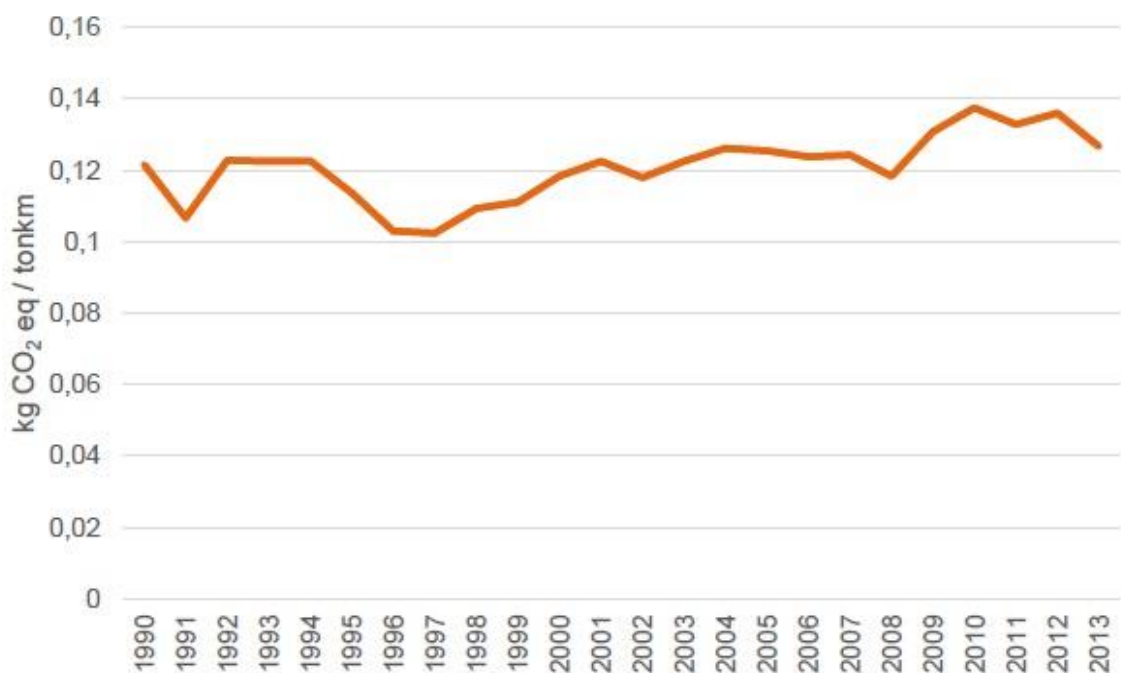
Den främsta påverkan som ett varmare klimat ger är att polarisen börjar smälta, vilket i sin tur ger en högre havsnivå. Redan nu har det område som täcks av is vid Nordpolen minskat med 10 % och man förutspår att havsnivån kommer att stiga med 88 centimeter fram tills år 2100. Denna stigning skulle leda till att flera lågt liggande landområden skulle täckas med vatten, vilket bara i Europa skulle drabba uppemot 70 miljoner människor. Stora åkermarker skulle bli förstörda av havsvattnet och därigenom leda till betydligt mindre skördar. Vidare så skulle temperaturökningen göra att mer extremt väder skulle inträffa i form av stormar, översvämningar, torka, värmeböljor. Bara under de senaste 10 åren har antalet väderrelaterade katastrofer tredubblats jämfört med på 1960-talet. Förändringarna gör även att den redan stora bristen

på dricksvatten kommer bli än mer akut och att tropiska sjukdomar kommer att bli vanligare (Europeiska kommissionen, 2006).

3.3.5.3 Utsläpp per liter diesel

Trots att en liter diesel väger kring 800 gram (Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, 2011) så är vikten på de koldioxidekvivalenter som bildas betydligt högre. Detta beror på att diesel består av väteatomer och kolatomer som vid fullständig förbränning i motorn bildar vattenmolekyler (2 väteatomer och 1 syreatom) samt koldioxid (1 kolatom och 2 syreatomer). De två syreatomerna väger var för sig mer än vad kolatomen gör samtidigt som de tas från syret i luften, vilket i sin tur ger att en liter diesel ger upphov till koldioxidutsläpp som väger mer än vad bränslet gör i sig själv. En liter diesel av Miljöklass 1 ger upphov till ungefär 2,54 kilo koldioxid och om man tar med i uträkningen de utsläpp som bildas vid produktion och distribution så är utsläppen av koldioxid per liter 3,04 kilo. Dock blandar man in delar av biodiesel i den diesel som säljs i Sverige, vilket minskar koldioxidutsläppen något till 2,95 kg per liter. Man bör även känna till att förbränningen i nuläget aldrig blir 100 % i en motor, varpå beräkningar av utsläpp inte är helt enkla att genomföra då även en del andra restprodukter uppstår såsom kolmonoxid och sot. Därför är det genomsnittstal som nämns i de fall man talar om koldioxidutsläpp (Statoil, 2013).

3.3.6 Den enskilda lastbilens koldioxidutsläpp



Figur 2, Utsläpp av koldioxidekvivalenter per tonkm mellan år 1990 och 2013 (Trafikanalys, 2015)

Bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp för olika lastbilar är svår att ange exakt då den styrs väldigt mycket beroende på last, transportlängd, körsätt och karossens utformning. För att kunna göra en verklighetsbaserad undersökning av bränsleförbrukningen har Statistiska centralbyrån har sedan 1972 via enkät undersökt förbrukningen på olika tunga fordonskombinationer, där intervjupersonen skall fylla i formuläret under en veckas tid. Varje kvartal deltar totalt 2000 bilar, vilket innebär ett årligt deltagande om 8000 unika bilar. Som körning där förbrukningen anges räknas all typ av körning, det vill säga både med och utan last (Hammarström & Yahya, 2000). Resultatet av undersökningen från år 2000 visade att sammantaget var genomsnittsförbrukningen för tunga lastbilar oavsett årsmodell eller fordonstyp 0,433 l/km och 0,0320 l/tonkm. Väljer man att titta specifikt på dragbilar som är vanliga inom anläggning och beläggningsarbeten var medelförbrukningen för dessa 0,4471/km respektive 0,0349 l/tonkm (Hammarström & Yahya, 2000).

I Figur 2 visas utsläppen av koldioxidekvivalenter i kg per tonkm mellan åren 1990 och 2013. Även om utsläpp av kväveoxider, partiklar, kolväten och koloxid har minskat med införandet av euroklassificeringen har koldioxidutsläppen i princip varit oförändrade sedan 1990 (Izzo & Myhr, 2015).

4 Nulägesanalys

I detta kapitel beskrivs mer ingående hur arbetsgången, som ligger till grund för rapportens frågeställning ser ut i dagsläget. Kapitlet beskriver arbetsgången på en arbetsplats där utläggning och fräsning utförs under samma skift. Varje del i arbetsgången beskrivs separat och arbetsmetoden som helhet illustreras för såväl fräsning som för utläggning.

4.1 Fräsning

När beläggningen på en vägsträcka är uttjänt av någon anledning exempelvis på grund av hjulspår, stensläpp, låg friktion, deformationer eller liknande tas ett beslut om åtgärd av beställaren. I det förfrågningsunderlag som entreprenörerna sedan räknar på har man redan angivit vilka mängder och tjocklekar som den nya beläggningen ska påföras vägen, vilket då också styr fräsdjupet. Vid beläggningsarbeten på det högtrafikerade vägnätet måste normalt sett fräst yta beläggas inom samma skift, vilket innebär att man bakom fräsen direkt när det är möjligt påbörjar utläggningsarbetet.

På det högtrafikerade vägnätet är lådfräsning det vanligaste tillvägagångssättet, där man vanligtvis fräser bort en viss mängd asfalt i ett eller flera körfält, som sedan beläggs med motsvarande mängd ny asfalt. Detta skapar ett nytt asfaltlager som är helt i nivå med omgivande äldre beläggning.

Generellt sett så är bredden på en så kallad fräslåda mellan 3,5 och 4,5 meter, vilket innebär att fräsen behöver köra i två omgångar då den endast är upp till 2,2 meter bred medan asfaltläggaren endast behöver göra en överfart. För att fräsen ska hinna med att köra två gånger fräser man i en betydligt högre hastighet än vad man lägger i, upp till 20-25 m/min är inte ovanligt. Dock behöver fräsen ungefär en till två timmars försprång för att kunna hålla undan för asfaltläggaren, vilket i vissa fall kan minimeras genom att man istället använder två fräsmaskiner.

Fräsmaskinen är utrustad med flera olika funktioner för att dels kunna nivåreglera utifrån olika referenspunkter, men också för att kunna jämna av ojämna vägbanor både i längdled och i tvärled. Vid lådfräsning är det viktigt att fräsdjupet blir rätt för att rätt mängd asfalt ska kunna påföras den frästa ytan. Blir det för djupt går det åt mer asfaltsmassa, vilket såklart kostar pengar och blir det för grunt kan man inte få plats med den volym som beställaren beställt.

Den gamla asfalten som fräses upp av maskinen lastas via ett transportband (Figur 3) på framförvarande lastbil som sedan kör materialet till anvisad tipplats. Tipplatsen är ofta ett asfaltverk där man har möjlighet att återvinna materialet till ny asfalt.



Figur 3, Fräsningsarbete norr om Göteborg

4.1.1 Sopning

Mindre kornfraktioner som inte kan lastas upp av fräsmaskinen sopas upp av en för ändamålet utrustad maskin. Efter sopningen tvättas fräsytan med en speciell sopmaskin med högtryck och vakuumsug för att säkerställa att ytan är helt ren och dammfri.

4.2 Asfaltering

För att det nya asfaltslagret ska fästa ordentligt på det frästa underlaget klistras den frästa tvättade ytan antingen i förväg med en så kallad klistermoped eller direkt vid användning av självklistrande läggare. Den nya asfaltmassan som

producerats i asfaltverket anländer till arbetsplatsen med lastbil och tippas antingen direkt i läggaren eller i en Shuttle buggy som säkerställer att massan är väl blandad innan den transporteras över i läggaren.

Det nya asfaltslagret påförs med en tjocklek som är större än den slutgiltiga för att kompensera för komprimeringen som den efterföljande vältningen medför. Efter att asfalten svalnat något är det möjligt att återigen börja trafikera ytan.

4.3 Arbetstider

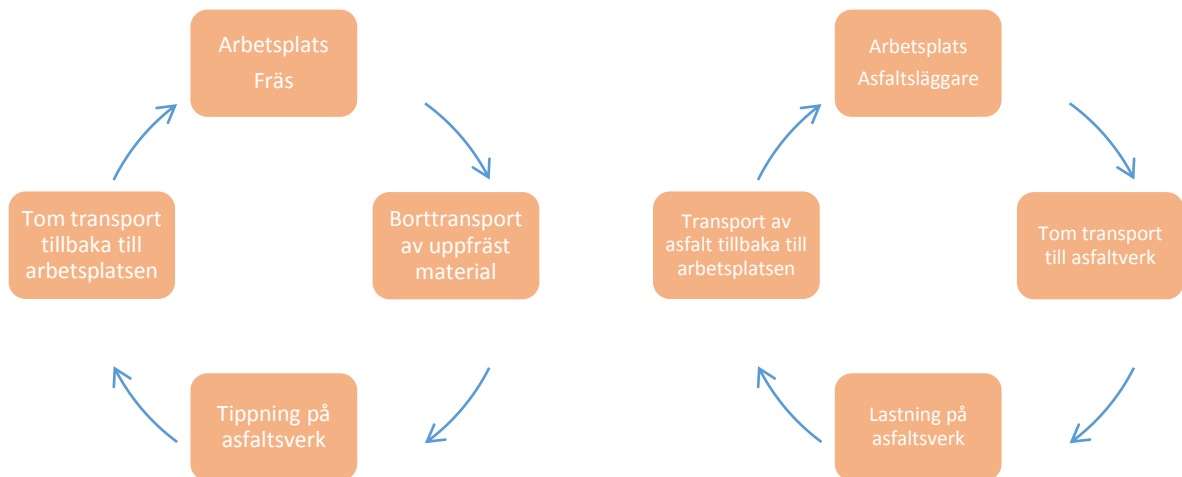
För att störningarna ska bli så små som möjligt utförs beläggningsarbete ofta när trafikflödena är som minst, det vill säga på natten. På särskilt högtrafikerade vägar i storstäderna kan det röra sig om väldigt korta arbetspass på bara några timmar om dygnet, medan det på andra platser där trafikflödet är lågt kan vara helt oreglerat.

4.4 Transporter

En väldigt viktig del vid beläggningsarbeten är transportererna som ser till att gammalt material körs bort och att nytt hämtas. Transportkostnaden är en stor del av den totala kostnaden och ökar i takt med att transportlängden ökar. Transportavstånd på 100km enkel resa är inte ovanligt och kräver såklart många enheter för att inte minska produktionstakten på själva arbetsplatsen. Vid långa transportlängder kan det vara lönsamt att minska produktionen för att kunna använda färre transportenheter, men vid arbete på vägar med korta arbetspass så kan det krävas att man använder så pass många lastbilar att varje lastbil bara behöver åka och tippa en gång.

4.4.1 Arbetsgång beläggningstransporter

Arbetsgången vid samkörda beläggningsarbeten illustreras i Figur 4 för både fräsning och asfaltering. Vid fräsningsarbetet lastar fräsen, beroende på djup och asfaltens hårdhet, upp krossad asfalt med en kapacitet upp till kring 200 ton i timmen. Den krossade asfalten lastas direkt i transportenhetens flak, vilket tar något olika tid beroende på fräsens hastighet, samt djupet på fräsningen. Generellt sett tar det mellan 5 och 20 minuter att genomföra lastningen.



Figur 4, Arbetsgång fräsning och asfaltering

I Tabell 2 visas förhållandet mellan transportlängd och kapacitet vid 40mm fräsning, där de olika parametrarna beskrivs nedan:

Transportlängd: Avståndet i kilometer till den avsedda tippplatsen. Avser enkel resa.

Kapacitet: Den lastvikt som enheten har kapacitet att bortforsla. Anges i ton per timme.

Last och losstid: Den tid som det tar att lasta en bil vid fräsen inklusive den tid som det tar på tippplatsen. På tippplatsen ingår ofta invägning av materialet samt långsam transport inom tippområdet. Anges i minuter.

Medelreshastighet: Den medelhastighet som transporten färdas i mellan last och tippplats. Ökar succesivt med ökat avstånd, då kortare avstånd innebär större andel accelerationstid och därigenom lägre medelhastighet. Beror till stor del på vilka vägar och var i landet man befinner sig samt vilken trafiksituation som råder, varpå detta är en relativt stor osäkerhetsfaktor i transportberäkningar.

Tid per runda: Den totala tiden det tar från det att transportenheten påbörjar lastning tills dess att lasset är tippat och enheten har återkommit till arbetsplatsen.

Upplägget för transport av nytillverkad asfaltsmassa till arbetsplatsen ser ut ungefär som transporterna till fräsen förutom att ordningen är den omvända (Figur 4). Kapaciteten är vid läggning av 40mm asfalt ungefär 150 ton per timme, det vill säga något lägre än för fräsen. Kapaciteten för transportenheterna är i princip de samma som vid fräsningsarbeten enligt Tabell 2.

Visserligen är det vanligare att man använder sig av fordonskombinationer som klarar en något högre maxlast, vilket dock kapacitetsmässigt kompenseras av att dessa fordonskombinationer har en något förlängd losstid vid läggaren. Detta då föraren av lastbilen måste tippa lastbilen för sig och släpet för sig, något som medför att släpet måste parkeras på lämplig plats innan bilen kan tippa.

Tabell 2, Förhållande mellan avstånd och kapacitet för beläggningsarbeten med 40mm djup med fordonskombination med 28 tons lastvikt.

Transportlängd enkel (km)	Kapacitet (ton/h)	Last och losstid (min)	Medelreshastighet (km/h)	Tid per runda (min)
10	32	18	35	52
20	23	18	43	73
30	18	18	48	93
40	16	18	53	108
50	14	18	58	121
60	13	18	63	132
70	11	18	65	147
80	10	18	65	165
90	9	18	65	184
100	8	18	65	192

4.4.2 Transportkostnad

Totalkostnaden för transporterna varierar kraftigt beroende på avståndet till tippplatsen, vilket i sin tur styr antalet enheter. Kostnaden per enhet varierar något beroende på åkeri, lastvikt, arbetstid, avtal men kostanden per timme är

ungefär 900 kr vid körning på dagtid. Vid nattkörning tar flera åkerier ut en extra avgift för obekvämlig arbetstid.

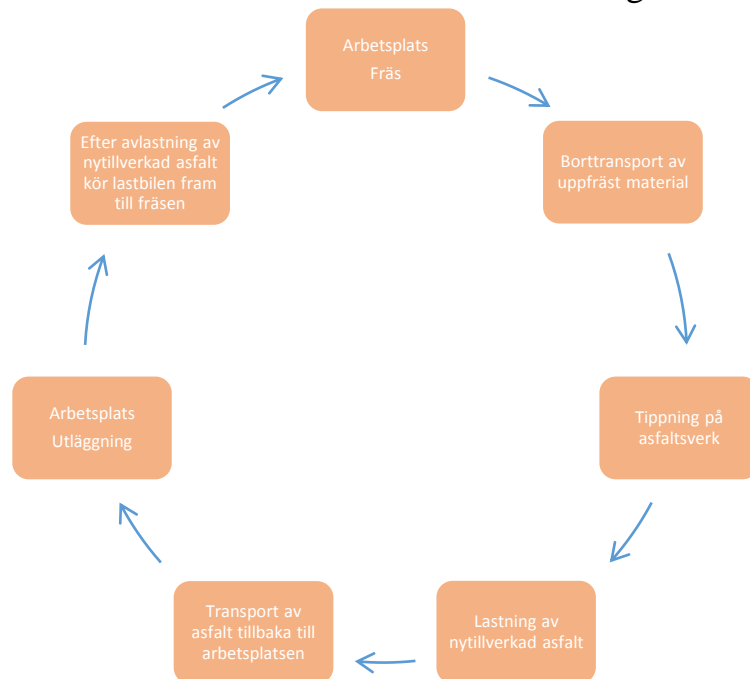
4.4.2.1 Garantitid

Flera åkerier kräver en viss garantitid för att åta sig att köra transporterna, vilket innebär att man ofta måste betala ut ersättning för fler timmar än vad man faktiskt utnyttjar transporten. Speciellt vid beläggningsarbeten där kapaciteten är hög under kort tid, krävs det många enheter för att möjliggöra full produktion vilket leder till att varje enhet kan debitera fler timmar än vad de faktiskt producerat.

5 Föreslagen arbetsmetod

I detta kapitel beskrivs och illustreras den föreslagna arbetsmetod som vidare i rapporten kommer att användas som jämförelsealternativ gentemot nuvarande arbetsmetod.

Den föreslagna metoden som ligger till grund för det här arbetet är en metod som innebär att de transporter som används i produktionen ska köra med lass i båda riktningar. Detta illustreras schematiskt nedan i Figur 5.



Figur 5, Arbetsgång returlass

Då fräsningen utförs före utläggningen så är det lämpligt att avsätta tillräckligt stor andel av transporterna för att initialt lastas vid fräsen. Under tiden kan en del av bilarna hämta nytillverkad asfalt vid verket. Efter att lastbilen är fullastad vid fräsen transporterar den granulatet till asfaltverket där detta tippas på angiven plats. Därefter lastas ny asfalt på lastbilen som sedan kör tillbaka till arbetsplatsen och tippas detta material i läggaren varpå lastningen åter sker vid fräsen och hela processen återupprepas.

Den här metoden innebär att de transporter som kan utföras med returlass styrs av den beläggingsenhet som har lägst kapacitet av fräsen eller utläggningen. Om exempelvis fräsen har en högre maxkapacitet än vad utläggningen har så kan det bli aktuellt att kompensera detta via fler transportenheter som i så fall kör på traditionellt vis.

6 Beräkningar

I detta kapitel kommer beräkningar utföras för 5 olika verkliga objekt som alla är avsedda att samköras mellan fräsning och beläggning. Urvalet är gjort på så vis att de täcker in olika typer av objekt med avseende på storlek, arbetstid, transportavstånd och är hämtade ur olika belägningsgrupper. Beräkningarna kommer att redovisas steg för steg och kommer kunna följas i kapitlet.

Alla beräkningar är utförda på objekt som återfinns på större vägar, vilket innebär att maskinerna kan arbeta med full kapacitet. Arbetsbredden på objekten varierar något men beräkningarna utgår från ett genomsnitt som är 4,2 meter. Fräsen har till skillnad från asfaltläggaren en fast bredd på 2,2 meter, vilket innebär att om objektet är 4,2 meter brett behöver fräsen köra i två omgångar, varpå kapaciteten minskar något, alternativt utföras med två maskiner. Grundförutsättningarna som används för beräkningar av de olika objekten återfinns nedan i Tabell 3.

Tabell 3, Grundläggande beräkningsförutsättningar

Maskin	Arbets hastighet m/min	Arbetsbredd m	Kapacitet m ² /h	Garantitid transporter h
Asfaltfräs	18	2,1 m	1600	6
Asfaltfräs TSK	20	2,2	1750	6
Asfaltläggare	6	4,2m	1512	6
Asfaltläggare TSK	12	4,2	3024	6

- Transportenhet: 900kr/h
- Transportavstånd: varierar mellan olika objekt
- Medelhastighet: varierar med transportavståndet
- Medellastkapacitet transportenheter: 28 ton
- Last-tid vid fräs= beror på beläggningstjocklek
- Restid till och från tipp: varierar med avstånd, trafiksituation och hastighet.
- Loss-tid på tipp: Varierar något beroende på tippplatsen dock används 10 minuter som beräkningsvärde.
- Last-tid asfalt: Beräkningsvärde 10 minuter.
- Loss-tid asfalt: Beräkningsvärde 10 minuter.

De beräkningsvärden som inte anges ovan, återfinns nedan under respektive objekt då de är objektsspecifika. Utläggningen förutsätts utföras med en så kallad Shuttle buggy, vilket gör att tiden det tar att lossa asfaltmassan inte direkt styrs av lägningshastigheten då Shuttle buggyn kan mellanlagra relativt stora mängder asfalt.

I Tabell 4 anges den genomsnittsförbrukning som en bil i anläggningsbranschen har (Hammarström & Yahya, 2000). Koldioxidutsläppet per liter innefattar en viss inblandning av biodiesel, vilket sänker utsläppen något samtidigt som utsläppen av koldioxid vid tillverkning och distribution tas med i beräkningarna (Statoil, 2013). Då medelförbrukningen som används vid beräkningarna innefattar både körning med och utan last så kommer ett förbrukningspåslag på 25 % att användas för beräkningar där transporterna kör med fulla lass i båda riktningarna.

Tabell 4, Grundläggande beräkningsförutsättningar

Fordon	Förbrukning L/km	Förbrukning L/km returlass	Koldioxid per liter kg/L
Dragbil	0,447	0,559	2,95

6.1 Objekt 1

- Plats: Södra Sverige
- Mängd: 6947 m²
- Beläggningstjocklek: 40mm (96kg/m²)
- Antal skift: 1
- Antal fräsar: 1
- Transportlängd: 46km
- Medelhastighet: 56km/h
- Arbetstid: Dag

Detta objekt återfinns i södra Sverige och ska beläggas direkt efter fräsning. Trafikflödet på sträckan är inte speciellt högt vilket innebär att arbetet kan utföras dagtid. Då objektet är relativt litet mängdmässigt är det inga problem att utföra arbetet med endast en fräs och ändå hinna belägga ytan inom arbetstiden. Eftersom endast en fräs används behöver denna 1 timmes försprång innan asfalteringsarbetet kan påbörjas.

$$\text{Arbetstid fräsning} = \frac{6947}{1600} = 4,3\text{h}$$

$$\text{Arbetstid beläggning} = \frac{6947}{1512} = 4,6\text{h}$$

Arbetstiden för fräsning respektive utläggning styrs av objektets mängd dividerat med maskinens kapacitet.

$$\text{Fräskapacitet} = 1600 \times 96 = 153,6 \text{ ton per timme}$$

$$\text{Utläggningsskapacitet} = 1512 \times 96 = 145,2 \text{ ton per timme}$$

Kapaciteten ovan anges i ton per timme, vilket görs då beläggningens tjocklek tas med i beräkningen för att kunna avgöra det transportbehov som föreligger. Kapaciteten beräknas genom att maskinens kapacitet med avseende på kvadratmeter multipliceras med beläggningens vikt per kvadratmeter.

$$\text{Lasttid fräs} = \frac{\text{Lastkapacitet}}{\frac{\text{fråshastighet} \times \text{fräsbredd} \times \text{materialets vikt per m}^2}{1000}} = \frac{28}{\frac{18 \times 2,2 \times 96}{1000}} \approx 7 \text{ min}$$

Den tid som det tar för fräsen att lasta transportenheten beror på följande parametrar: framdrivningshastighet, fräsbredd, beläggningens vikt per ytenhet och transportenhetens lastkapacitet.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs)} = \frac{\text{Lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} =$$

$$\frac{28}{\left(\frac{46 \times 2}{56} + \frac{7}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 15 \text{ ton per timme}$$

För att kunna beräkna transportbehovet behöver vi även veta vilken transportkapacitet som varje enhet har. D.v.s. hur många ton som varje lastbil kan bortforsla per timme. Detta beräknas genom att lastkapaciteten divideras med den tid som det tar från det att lastbilen börjar att lastas till dess att den återkommer tom till arbetsplatsen.

$$\text{Transportenhetsbehov fräsning} = \frac{\text{Fräskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{153,6}{15} \approx 10 \text{ st}$$

För att beräkna hur många enheter som krävs för att maskinen ska kunna nå sin önskade kapacitet beräknas kvoten mellan upplastningskapaciteten per timme och bortsforslingskapaciteten för en lastbil.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (utläggning)} =$$

$$\frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{46 \times 2}{56} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 14 \text{ ton per timme}$$

Transportkapaciteten är något lägre för utläggningstransporterna då loss-tiden är något längre än vad last-tiden är för de transporter som kör vid fräsen.

$$\text{Transportenhetsbehov utläggning} = \frac{\text{Utläggningsskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{14} \approx 10 \text{ st}$$

Tabell 5, Sammanställning av framräknade värden

Typ	Antal	Enhet
Arbets tid fräsning	4,3	h
Arbets tid utläggning	4,6	h
Fräskapacitet	153,6	Ton/h
Utläggningsskapacitet	145,2	Ton/h
Last-tid fräs	7	Min
Transportkapacitet fräs	15	Ton/h
Transportenhetsbehov fräs	10	St
Transportkapacitet utläggning	14	Ton/h
Transportenhetsbehov utläggning	10	st

I Tabell 5 ovan sammanställs de framräknade värdena som sedan används för vidare beräkningar i underliggande kapitel om returlassmetoden, ekonomi och miljö.

6.1.1 Utförande med returlass

Då detta objekt utförs med beläggning i samband med fräsning så är metoden med returlass användbar. För att kunna göra vidare beräkningar angående ekonomi och miljöeffekter behövs först transportenhetsbehovet beräknas då metoden används. Eftersom varje runda kommer att ta längre tid för lastbilarna då denna innefattar fler moment kommer behovet av transporter inte halveras, vilket man vid en förste anblick skulle kunna tro.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs och utläggning)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{46 \times 2}{56} + \frac{7}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx \mathbf{12,4 \text{ ton per timme}}$$

Då tiden för varje runda förlängs med 20 minuter minskar transporternas bortforslingskapacitet något.

$$\text{Transportenhetsbehov fräs och utläggning} = \frac{\text{Maxkapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{153,6}{12,4} \approx \mathbf{12 \text{ st}}$$

Eftersom bortforslingskapaciteten sänks något till följd av de extra moment som returlassmetoden innebär, krävs det 12 enheter för att uppnå full

produktion. Antal enheter är beräknat efter fräsens kapacitet då den bara är något högre än utläggningens.

6.1.2 Ekonomiska aspekter

I detta avsnitt beskrivs och beräknas de ekonomiska konsekvenser som uppstår då antalet transportenheter minskar till följd av ett mer effektivt utnyttjande. Då transporterna används gemensamt så börjar dem att köra vid fräsen så att denna får ungefär en timmes försprång, vilket innebär att den totala tiden blir utläggningens arbetstid + en timme.

$$\text{Transportkostnad fräs} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 10 \times 900 \times 6 = 54000 \text{ kr}$$

$$\text{Transportkostnad utläggning} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 10 \times 900 \times 6 = 54000 \text{ kr}$$

Vid utförande med traditionellt arbetssätt uppgår transportkostnaden till 54000 kr per avdelning för detta objekt. Eftersom arbetstiden understiger 6 timmar, betalas resterande timmar ut ändå till följd av garantitiden. Den totala transportkostnaden uppgår därmed till 108 000 kr.

Den totala arbetstiden vid utförande med returlass blir som tidigare nämnts 5,6 timmar, vilket avrundas upp till 6 timmar.

$$\text{Transportkostnad returlass (fräs/utläggning)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 12 \times 900 \times 6 = 64800 \text{ kr}$$

Tabell 6, Förändring av transportkostnader

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Transportenheter	20 st	12 st	-40 %
Transportkostnad	108 000:-	64 800:-	-40 %

Tabell 6 minskar både antalet transportenheter samt kostnaden för dessa med 40 % om man optimerar användandet av lastbilarna.

6.1.3 Miljömässiga aspekter

I det här avsnittet beräknas förändringarna i mängden utsläppt koldioxid, beroende på vilken arbetsmetod som används.

6.1.3.1 Beräkningar traditionell arbetsmetod

Total mängd material = Uppfräst + Tillfört = (yta × vikt per ytenhet) + (yta × vikt per ytenhet) → (6947 × 96) + (6947 × 96) ≈ 1334 ton

Den totala mängden material som transporteras anges i ton och innefattar både det material som fräses bort samt det nya som läggs ut. Då tjockleken på beläggningen är 40 mm motsvarar det 96 kg/m².

$$\text{Antal turer} = \frac{\text{Total mängd material}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{1334}{28} \approx 48$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid traditionellt användande är 28 ton.

$$\text{Total transportlängd} = 92 \times 48 = 4416 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 4416 \times 0,447 \approx 1974 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 1974 \times 2,95 = 5823 \text{ kg}$$

Med nuvarande arbetsmetod förbrukar transporterna 1974 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 5,8 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 46 \times 1334 = 61\,364 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{1974}{61364} \approx 0,032 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{5823}{61364} = 0,095 \text{ kg/tonkm}$$

6.1.3.2 Beräkningar med returlass

$$\text{Antal turer} = \frac{\text{Total mängd material}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{1334}{56} \approx 24$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid körning med returlass är 56 ton.

$$\text{Total transportlängd} = 92 \times 24 = 2208 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 2208 \times 0,559 \approx 1234 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 1234 \times 2,95 = 3641 \text{ kg}$$

Genom att använda transporterna till att köra med lass i båda riktningar så förbrukar transporterna 1234 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 3,6 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 92 \times 1334 =$$

122 728 tonkm

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{1234}{122728} \approx 0,010 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{3641}{122728} = 0,030 \text{ kg/tonkm}$$

Tabell 7, Sammanställning av beräknade miljöeffekter

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Total transportlängd	4416 km	2208 km	-50 %
Total bränsleförbrukning	1974 L	1234 L	-37 %
Totalt koldioxidutsläpp	5823 kg	3641	-37 %
Förbrukning per tonkm	0,032 L/tonkm	0,010 L/tonkm	-69 %
Koldioxidutsläpp per tonkm	0,095 kg/tonkm	0,030 kg/tonkm	-68 %

Tabell 7 innehåller de framräknade förändringarna som kommer med den förändrade arbetsmetoden. Även då transportlängden halverats så har inte minskningen varit lika stor med avseende på utsläpp och förbrukning, detta då hänsyn tagits till den ökade förbrukningen som uppkommer till följd av ökat lastkapacitetsutnyttjande.

6.1.4 Kommentarer angående beräkningsresultat

På det här objektet kan det konstateras att en arbetsmetod som använder transporterna mer effektivt med fulla lass i båda riktningar är mycket lönsam. Transportkostnaden minskar med 40 % och utsläppen minskar med 37 %. Den största förbättringen avser förbrukning per tonkilometer, detta då förbrukningen för att flytta ett ton en kilometer blir betydligt lägre när inga sträckor körs utan last.

6.2 Objekt 2

- Plats: Södra Sverige
- Mängd: 12 128 m²
- Beläggningstjocklek: 40mm (96kg/m²)
- Antal skift: 1
- Antal fräsar: 2
- Transportlängd: 20km
- Medelhastighet: 43km/h
- Arbetstid: Natt

Detta objekt återfinns i södra Sverige och ska beläggas direkt efter fräsning. Objektet är en större högrafikerad väg, varpå arbetstiden är begränsad till mellan 19:00 och 05:00. För att arbetet ska hinna slutföras inom denna tidsperiod krävs det att utläggningen kan komma igång så fort som möjligt, varpå två fräsmaskiner används.

$$\text{Arbetstid fräsning} = \frac{12128}{3200} = 4 \text{ h}$$

$$\text{Arbetstid beläggning} = \frac{12128}{1512} = 8 \text{ h}$$

Arbetstiden för fräsning respektive utläggning styrs av objektets mängd dividerat med maskinen eller maskinernas kapacitet.

$$\text{Fräskapacitet} = 3200 \times 96 = 307,2 \text{ ton per timme}$$

Eftersom två maskiner används fördubblas fräskapaciteten

$$\text{Utläggningsskapacitet} = 1512 \times 96 = 145,2 \text{ ton per timme}$$

Kapaciteten ovan anges i ton per timme, vilket görs då beläggningens tjocklek tas med i beräkningen för att kunna avgöra det transportbehov som föreligger. Kapaciteten beräknas genom att maskinen/maskinernas kapacitet med avseende på kvadratmeter multipliceras med beläggningens vikt per kvadratmeter.

$$\text{Lasttid fräs} = \frac{\text{Lastkapacitet}}{\frac{\text{fräschastighet} \times \text{fräsbredd} \times \text{materialets vikt per m}^2}{1000}} = \frac{28}{\frac{18 \times 2,1 \times 96}{1000}} \approx 7 \text{ min}$$

Den tid som det tar för fräsen att lasta transportenheten beror på följande parametrar: framdrivningshastighet, fräsbredd, beläggningens vikt per ytenhet och transportenhetens lastkapacitet.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} =$$

$$\frac{28}{\left(\frac{20 \times 2}{43} + \frac{7}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 23 \text{ ton per timme}$$

För att kunna beräkna transportbehovet behöver vi även veta vilken transportkapacitet som varje enhet har. Dvs. hur många ton som varje lastbil kan bortforsla per timme. Detta beräknas genom att lastkapaciteten divideras med den tid som det tar från det att lastbilen börjar att lastas till dess att den återkommer tom till arbetsplatsen.

$$\text{Transportenhetsbehov fräsning} = \frac{\text{Fräskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{307,2}{23} \approx 14 \text{ st}$$

För att beräkna hur många enheter som krävs för att maskinen ska kunna nå sin önskade kapacitet beräknas kvoten mellan upplastningskapaciteten per timme och botsforslingskapaciteten för en lastbil.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (utläggning)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{20 \times 2}{43} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 22 \text{ ton per timme}$$

Transportkapaciteten är något lägre för utläggningstransporterna då loss-tiden är något längre än vad last-tiden är för de transporter som kör vid fräsen.

$$\text{Transportenhetsbehov utläggning} = \frac{\text{Utläggningsskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{22} \approx 7 \text{ st}$$

Tabell 8, Sammanställning av framräknade värden

Typ	Antal	Enhet
Arbetstid fräsning	4,0	h
Arbetstid utläggning	8,0	h
Fräskapacitet	307,2	Ton/h
Utläggningsskapacitet	145,2	Ton/h
Last-tid fräs	7	Min
Transportkapacitet fräs	23	Ton/h
Transportenhetsbehov fräs	14	st
Transportkapacitet utläggning	22	Ton/h
Transportenhetsbehov utläggning	7	st

I Tabell 8 ovan sammanställs de framräknade värdena som sedan används för vidare beräkningar i underliggande kapitel om returlassmetoden, ekonomi och miljö.

6.2.1 Utförande med returlass

Då detta objekt utförs med beläggning i samband med fräsning så är metoden med returlass användbar. För att kunna göra vidare beräkningar angående ekonomi och miljöeffekter behövs först transportenhetsbehovet beräknas då metoden används. Eftersom varje runda kommer att ta längre tid för lastbilarna då denna innefattar fler moment kommer behovet av transporter inte halveras, vilket man vid en förste anblick skulle kunna tro. Då objektet fräses med två fräsar kommer dess kapacitet vara ungefär dubbelt så hög som

utläggningens, vilket kräver fler transportenheter. Returlass kan därför bara användas med den mängd enheter som utläggningen använder, resterande bilar används med den traditionella metoden av fräsningen.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs och utläggning)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{20 \times 2}{43} + \frac{7}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx \mathbf{18 \text{ ton per timme}}$$

Då tiden för varje runda förlängs med 20 minuter minskar transporternas bortforslingskapacitet något.

$$\text{Transportenhetsbehov fräs och utläggning} = \frac{\text{Maxkapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{18} \approx \mathbf{8 \text{ st}}$$

Eftersom lastkapaciteten per timme sänks något till följd av de extra moment som returlassmetoden innebär, krävs det 8 enheter för att uppnå full produktion. Antal enheter är beräknat efter utläggningens kapacitet då det endast är dessa som kommer att köra med returlass, resterande 8 lastbilar som krävs för att fräsningen ska nå full produktion tillkommer separat.

$$\text{Transportenhetsbrist fräsning} = \frac{\text{fräskapacitet} - \text{antal returlassenheter} \times \text{kapacitet}}{\text{bortforslingskapacitet fräs}} = \frac{307,2 - 8 \times 18}{22} = \mathbf{8 \text{ st}}$$

6.2.2 Ekonomiska aspekter

I detta avsnitt beskrivs och beräknas de ekonomiska konsekvenser som uppstår då antalet transportenheter minskar till följd av ett mer effektivt utnyttjande. Då arbetet utförs med 2 fräsar blir det klart på 4 timmar, vilket innebär att debiterad tid ändå blir 6 timmar till följd av garantitid.

$$\text{Transportkostnad fräs} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 14 \times 900 \times 6 = \mathbf{75600 \text{ kr}}$$

$$\text{Transportkostnad utläggning} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 7 \times 900 \times 8 = \mathbf{50400 \text{ kr}}$$

Vid utförande med traditionellt arbetsätt uppgår transportkostnaden till 75 600 kr för fräsning respektive 50 400 kr för utläggning för detta objekt. Eftersom arbetstiden understiger 6 timmar för fräsning, betalas resterande timmar ändå ut till följd av garantitiden. Den totala transportkostnaden uppgår därmed till 126 000 kr.

$$\text{Transportkostnad returlass (utläggning/fräs)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 8 \times 900 \times 6 = \mathbf{43200 \text{ kr}}$$

Transportkostnad resterande fräs) = antal enheter × timkostnad × arbetstid (min 6h) = 8 × 900 × 6 = 43 200 kr

Transportkostnad resterande utläggning) = antal enheter × timkostnad × arbetstid (min 6h) = 7 × 900 × 2 = 12 600 kr

Vid användning av returlassmetoden kommer det enligt tidigare beräkningar krävas 8 enheter för att utläggningen ska uppnå full kapacitet. När fräsen blir klar efter 4 timmar kommer man återgå till traditionellt utförande, vilket innebär att det då endast behövs 7 bilar. Därför beräknas transportkostnaden genom att 7 bilar används i 8 timmar och 8 bilar i 6 timmar. Dessutom tillkommer 8 transportenheter som krävs för att fräsningen ska kunna utnyttja hela sin kapacitet.

Tabell 9, Förändring av transportkostnader

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Transportenheter	21 st	16 st	-24 %
Transportkostnad	126 000:-	99 000:-	-21 %

Som synes i Tabell 9 minskar både antalet transportenheter samt kostnaden för dessa. Eftersom fräsningen inte pågår lika länge som utläggningen blir besparingen inte fullt lika stor som den skulle kunna vara.

6.2.3 Miljömässiga aspekter

I det här avsnittet beräknas förändringarna i mängden utsläppt koldioxid, beroende på vilken arbetsmetod som används.

6.2.3.1 Beräkningar traditionell arbetsmetod

Total mängd material = Uppfräst + Tillfört = (yta × vikt per ytenhet) + (yta × vikt per ytenhet) → (12128 × 96) + (12128 × 96) ≈ 2329 ton

Den totala mängden material som transporteras anges i ton och innefattar både det material som fräses bort samt det nya som läggs ut. Då tjockleken på beläggningen är 40 mm motsvarar det 96 kg/m².

Antal turer = $\frac{\text{Total mängd material}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{2329}{28} \approx 83$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid traditionellt användande är 28 ton.

Total transportlängd = 40 × 83 = 3320km

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 3320 \times 0,447 \approx 1484 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 1484 \times 2,95 = 4378 \text{ kg}$$

Med nuvarande arbetsmetod förbrukar transporterna 1484 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 4,4 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 20 \times 2329 = 46\,580 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{1484}{46580} \approx 0,032 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{4378}{46580} = 0,094 \text{ kg/tonkm}$$

6.2.3.2 Beräkningar med returlass

$$\text{Andel transporter med returlass} = \frac{\text{Kapacitet returlass enheter}}{\text{Total kapacitet}} = \frac{144}{328} =$$

0,44

Eftersom returlass endast kan användas tills dess att utläggningen nått sin maxkapacitet behövs även, vilket beräknats tidigare 8 extra transportenheter som kör vid fräsarna.

$$\begin{aligned} \text{Lastkapacitet} &= (\text{lastkapacitet returlass} \times \text{andel med returlass} + \\ &\text{lastkapacitet traditionellt} \times \\ &\text{andel med traditionella transporter}) = (56 \times 0,44 + 28 \times 0,56) \approx \\ &\mathbf{40 \text{ ton}} \end{aligned}$$

$$\text{Antal turer med returlass} = \frac{\text{Total mängd material (samkört)}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{1747}{40} \approx \mathbf{44}$$

$$\begin{aligned} \text{Antal turer traditionellt} &= \frac{\text{Total mängd material (traditionellt)}}{\text{Lastkapacitet}} \\ &= \frac{582}{28} \approx \mathbf{21} \end{aligned}$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material som kan fraktas med returlass divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid körning med returlass är 40 ton. Denna kapacitet beräknas ovan genom att andelen transporter som körs med returlass kontra traditionellt beräknas. För den resterande arbetstiden då endast utläggning arbetar kör transporterna endast med last till arbetsplatsen och tomma tillbaka. Detta ger sammantaget 65 turer.

$$\text{Total transportlängd} = 40 \times 65 = 2600 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 2600 \times 0,559 \approx 1453 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 1453 \times 2,95 = 4288 \text{ kg}$$

Genom att använda transporterna till att köra med lass i båda riktningar så förbrukar transporterna 1453 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 4,3 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 40 \times 2329 = 93\,160 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{1453}{93160} \approx 0,016 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{4288}{93160} = 0,046 \text{ kg/tonkm}$$

Tabell 10, Sammanställning av beräknade miljöeffekter

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Total transportlängd	3320 km	2600 km	-22 %
Total bränsleförbrukning	1484 L	1453 L	-2 %
Totalt koldioxidutsläpp	4378 kg	4288 kg	-2 %
Förbrukning per tonkm	0,032 L/tonkm	0,016 L/tonkm	-50 %
Koldioxidutsläpp per tonkm	0,094 kg/tonkm	0,046 kg/tonkm	-51 %

Tabell 10 innehåller de framräknade förändringarna som kommer med den förändrade arbetsmetoden. Även då transportlängden minskats med 22 % så har inte minskningen varit lika stor med avseende på utsläpp och förbrukning, detta då hänsyn tagits till den ökade förbrukningen som uppkommer till följd av ökat lastkapacitetsutnyttjande.

6.2.4 Kommentarer angående beräkningsresultat

På det här objektet kan det konstateras att en arbetsmetod som använder transporterna mer effektivt med fulla lass i båda riktningar är lönsam.

Transportkostnaden minskar med 21 % och koldioxidutsläppen minskar med 2 %, vilket begränsas av att metoden inte kan utnyttjas till fullo då kapaciteten hos två fräsar är så pass mycket större än den för utläggningen.

6.3 Objekt 3

- Plats: Mellansverige
- Mängd: 43 361 m²
- Beläggningstjocklek: 20mm (48kg/m²)
- Antal skift: 2
- Antal fräsar: 2
- Transportlängd: 29km
- Medelhastighet: 47km/h
- Arbetstid: Dag

Detta objekt återfinns i Mellansverige och ska beläggas direkt efter fräsning. Objektet är en större europaväg, dock med ett trafikflöde som tillåter att trafiken leds om vilket medger dagarbete. Då objektet skall beläggas med tunnskiktsmassa, kan utläggningen ske med högre hastighet som i sin tur kräver att fräsningen utförs med två maskiner. Arbetet skall utföras på två arbetsskift.

$$\text{Arbetstid fräsning} = \frac{43361}{3500} = 12,5 \text{ h}$$

$$\text{Arbetstid beläggning} = \frac{43361}{3024} = 14,3 \text{ h}$$

Arbetstiden för fräsning respektive utläggning styrs av objektets mängd dividerat med maskinen eller maskinernas kapacitet.

$$\text{Fräskapacitet} = 3500 \times 48 = 168 \text{ ton per timme}$$

Eftersom två maskiner används fördubblas fräskapaciteten

$$\text{Utläggningsskapacitet} = 3024 \times 48 = 145,2 \text{ ton per timme}$$

Kapaciteten ovan anges i ton per timme, vilket görs då beläggningens tjocklek tas med i beräkningen för att kunna avgöra det transportbehov som föreligger. Kapaciteten beräknas genom att maskinen/maskinernas kapacitet med avseende på kvadratmeter multipliceras med beläggningens vikt per kvadratmeter.

$$\text{Lasttid fräs} = \frac{\text{Lastkapacitet}}{\frac{\text{fräschastighet} \times \text{fräsbredd} \times \text{materialets vikt per m}^2}{1000}} = \frac{28}{\frac{20 \times 2,1 \times 48}{1000}} \approx 14 \text{ min}$$

Den tid som det tar för fräsen att lasta transportenheten beror på följande parametrar: framdrivningshastighet, fräsbredd, beläggningens vikt per ytenhet och transportenhetens lastkapacitet. I detta fall ökar lasttiden trots att framdrivningshastigheten har ökat något, detta beror på att hastigheten inte ökar proportionellt med minskat fräsdjup.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} =$$

$$\frac{28}{\left(\frac{29 \times 2}{47} + \frac{14}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 17 \text{ ton per timme}$$

För att kunna beräkna transportbehovet behöver vi även veta vilken transportkapacitet som varje enhet har. D.v.s. hur många ton som varje lastbil kan bortforsla per timme. Detta beräknas genom att lastkapaciteten divideras med den tid som det tar från det att lastbilen börjar att lastas till dess att den återkommer tom till arbetsplatsen.

$$\text{Transportenhetsbehov fräsning} = \frac{\text{Fräskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{168}{17} \approx 10 \text{ st}$$

För att beräkna hur många enheter som krävs för att maskinen ska kunna nå sin önskade kapacitet beräknas kvoten mellan upplastningskapaciteten per timme och bortsforslingskapaciteten för en lastbil.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (utläggning)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{29 \times 2}{47} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 18 \text{ ton per timme}$$

Då beläggningstjockleken endast är 20 mm på detta objekt så innebär det att lasttiden vid fräsen ökar, samtidigt som last och loss tid förblir oförändrade för utläggningen. Anledningen till detta är att fräsens upplastningshastighet styr tiden det tar att få lass, medan utläggningen använder en shuttle buggy för att mellanlagra asfalten som gör att lastbilen kan lossa sin last snabbare än vad läggaren lägger ut asfalten.

$$\text{Transportenhetsbehov utläggning} = \frac{\text{Utläggningsskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{18} \approx 8 \text{ st}$$

Tabell 11, Sammanställning av framräknade värden

Typ	Antal	Enhet
Arbetstid fräsning	12,5	h
Arbetstid utläggning	14,5	h
Fräskapacitet	168	Ton/h
Utläggningsskapacitet	145,2	Ton/h
Last-tid fräs	14	Min
Transportkapacitet fräs	17	Ton/h
Transportenhetsbehov fräs	10	st
Transportkapacitet utläggning	18	Ton/h
Transportenhetsbehov utläggning	8	st

I Tabell 11 sammanställs de framräknade värdena som sedan används för vidare beräkningar i underliggande kapitel om returlassmetoden, ekonomi och miljö.

6.3.1 Utförande med returlass

Då detta objekt utförs med beläggning i samband med fräsning så är metoden med returlass användbar. För att kunna göra vidare beräkningar angående ekonomi och miljöeffekter behövs först transportenhetsbehovet beräknas då metoden används. Eftersom varje runda kommer att ta längre tid för lastbilarna då denna innefattar fler moment kommer behovet av transporter inte halveras, vilket man vid en första anblick skulle kunna tro. Då objektet fräses med två fräsar kommer dess kapacitet vara något högre än utläggningens, vilket kräver fler transportenheter. Returlass kan därför bara användas med den mängd enheter som utläggningen använder, resterande bilar används med den traditionella metoden av fräsningen.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs och utläggning)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{29 \times 2}{47} + \frac{14}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx \mathbf{14 \text{ ton per timme}}$$

Då tiden för varje runda förlängs med 20 minuter minskar transporternas bortforslingskapacitet något.

$$\text{Transportenhetsbehov fräs och utläggning} = \frac{\text{Maxkapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{14} \approx \mathbf{11 \text{ st}}$$

Eftersom lastkapaciteten per timme sänks något till följd av de extra moment som returlassmetoden innebär, krävs det 11 enheter för att uppnå full produktion. Antal enheter är beräknat efter utläggningens kapacitet då det endast är dessa som kommer att köra med returlass, resterande 1 lastbil som krävs för att fräsen ska nå full produktion tillkommer separat och har beräknats nedan.

$$\text{Transportenhetsbrist fräsning} = \frac{\text{fräskapacitet} - \text{antal returlassenheter} \times \text{kapacitet}}{\text{bortforslingskapacitet fräs}} = \frac{168 - 11 \times 14}{17} = \mathbf{1 \text{ st}}$$

6.3.2 Ekonomiska aspekter

I detta avsnitt beskrivs och beräknas de ekonomiska konsekvenser som uppstår då antalet transportenheter minskar till följd av ett mer effektivt utnyttjande. Då arbetet utförs med 2 fräsar blir det klart på 12,5 timmar, vilket innebär att ingen garantitid kommer att debiteras.

Transportkostnad fräs

$$\begin{aligned} &= \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} \\ &= 10 \times 900 \times 12,5 = \mathbf{112\,500 \text{ kr}} \end{aligned}$$

Transportkostnad utläggning

$$\begin{aligned} &= \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} \\ &= 8 \times 900 \times 14,5 = \mathbf{104\,400 \text{ kr}} \end{aligned}$$

Vid utförande med traditionellt arbetssätt uppgår transportkostnaden till 112 500 kr för fräsning respektive 104 400 för utläggning för detta objekt. Den totala transportkostnaden uppgår därmed till 216 900 kr.

$$\text{Transportkostnad returlass (utläggning)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 11 \times 900 \times 12,5 = 123\,750 \text{ kr}$$

$$\text{Transportkostnad traditionellt (fräs)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 1 \times 900 \times 12,5 = 11\,250 \text{ kr}$$

$$\begin{aligned} \text{Transportkostnad traditionellt (utläggning)} \\ &= \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} \\ &= 8 \times 900 \times 2 = 14\,400 \text{ kr} \end{aligned}$$

Vid användning av returlassmetoden kommer det enligt tidigare beräkningar krävas 11 enheter för att utläggningen ska uppnå full kapacitet. Eftersom fräsningen har en högre kapacitet behövs en extra bil som kör transporter utan att ta returlass. Dessutom tillkommer debitering för den extra tid som utläggningen arbetar gentemot fräsningen. Den totala transportkostnaden uppgår därmed till 149 400 kr.

Tabell 12, Förändring av transportkostnader

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Transportenheter	18 st	12 st	-33 %
Transportkostnad	216 900:-	149 400:-	-31 %

Som synes i Tabell 12 minskar både antalet transportenheter samt kostnaden för dessa.

6.3.3 Miljömässiga aspekter

I det här avsnittet beräknas förändringarna i mängden utsläppt koldioxid, beroende på vilken arbetsmetod som används.

6.3.3.1 Beräkningar traditionell arbetsmetod

$$\text{Total mängd material} = \text{Uppfräst} + \text{Tillfört} = (\text{yta} \times \text{vikt per ytenhet}) + (\text{yta} \times \text{vikt per ytenhet}) \rightarrow (43361 \times 48) + (43361 \times 48) \approx 4\,163 \text{ ton}$$

Den totala mängden material som transporteras anges i ton och innefattar både det material som fräses bort samt det nya som läggs ut. Då tjockleken på beläggningen är 20 mm motsvarar det 48 kg/m².

$$\text{Antal turer} = \frac{\text{Total mängd material}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{4163}{28} \approx 149$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid traditionellt användande är 28 ton.

$$\text{Total transportlängd} = 58 \times 149 = 8\,642 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 8642 \times 0,447 \approx 3\,863 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 3863 \times 2,95 = 11\,396 \text{ kg}$$

Med nuvarande arbetsmetod förbrukar transportererna 3863 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 11,4 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 29 \times 4163 = 120\,727 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{3863}{120727} \approx 0,032 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{11396}{120727} = 0,094 \text{ kg/tonkm}$$

6.3.3.2 Beräkningar med returlass

$$\text{Andel transporter med returlass} = \frac{\text{Kapacitet returlassenheter}}{\text{Total kapacitet}} = \frac{154}{171} = 0,90$$

Eftersom returlass endast kan användas när både fräsning och utläggning utförs samtidigt så kan metoden bara användas för 89 % av utläggningens arbetstid, vilket innebär ungefär 3 705 ton.

$$\text{Lastkapacitet} = (\text{lastkapacitet returlass} \times \text{andel med returlass} + \text{lastkapacitet traditionellt} \times \text{andel med traditionella transporter}) = (56 \times 0,90 + 28 \times 0,10) \approx 53 \text{ ton}$$

$$\text{Antal turer med returlass} = \frac{\text{Total mängd material (samkört)}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{3705}{53} \approx 70$$

$$\text{Antal turer efter avslutad fräsning} = \frac{\text{Total mängd material (traditionellt)}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{458}{28} \approx 17$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material som kan fraktas med returlass divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid körning med returlass är 53 ton. Denna kapacitet beräknas ovan genom att andelen transporter som körs med returlass kontra traditionellt beräknas. För den resterande arbetstiden då endast utläggning arbetar kör transportererna endast med last till arbetsplatsen och tomma tillbaka. Detta ger sammantaget 87 turer.

$$\text{Total transportlängd} = 58 \times 87 = 5\,046 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 5046 \times 0,559 \approx 2\,821 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 2821 \times 2,95 = 8\,322 \text{ kg}$$

Genom att använda transporterna till att köra med lass i båda riktningar så förbrukar transporterna 2821 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 8,3 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 58 \times 4163 = 241\,454 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{2821}{241454} \approx 0,012 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{8322}{241454} = 0,034 \text{ kg/tonkm}$$

Tabell 13, Sammanställning av beräknade miljöeffekter

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Total transportlängd	8 642 km	5 046 km	-42 %
Total bränsleförbrukning	3 863 L	2 821 L	-27 %
Totalt koldioxidutsläpp	11 396 kg	8 322 kg	-27 %
Förbrukning per tonkm	0,032 L/tonkm	0,012 L/tonkm	-63 %
Koldioxidutsläpp per tonkm	0,094 kg/tonkm	0,034 kg/tonkm	-64 %

Tabell 13 innehåller de framräknade förändringarna som kommer med den förändrade arbetsmetoden. Även då transportlängden minskats med 42 % så har inte minskningen varit lika stor med avseende på utsläpp och förbrukning, detta då hänsyn tagits till den ökade förbrukningen som uppkommer till följd av ökat lastkapacitetsutnyttjande.

6.3.4 Kommentarer angående beräkningsresultat

På det här objektet kan det konstateras att en arbetsmetod som använder transporterna mer effektivt med fulla lass i båda riktningar är mycket lönsam. Transportkostnaden minskar med 31 % och koldioxidutsläppen minskar med 27 %.

6.4 Objekt 4

- Plats: Södra Sverige
- Mängd: 74 500 m²
- Beläggningstjocklek: 40mm (96kg/m²)
- Antal skift: 8
- Antal fräsar: 1
- Transportlängd: 15 km
- Medelhastighet: 40km/h
- Arbetstid: Natt

Detta objekt återfinns i södra Sverige och ska beläggas direkt efter fräsning. Objektet är en större riksväg (2+1-väg), vilket i kombination med ett högt trafikflöde innebär att arbetet ska utföras nattetid. Utförandet beräknas ske på totalt 8 skift. Eftersom endast en fräs används behöver denna 1 timmes försprång per skift innan asfalteringsarbetet kan påbörjas.

$$\text{Arbetstid fräsning} = \frac{74500}{1600} = 47 \text{ h}$$

$$\text{Arbetstid beläggning} = \frac{74500}{1512} = 49 \text{ h}$$

Arbetstiden för fräsning respektive utläggning styrs av objektets mängd dividerat med maskinen eller maskinernas kapacitet.

$$\text{Fräskapacitet} = 1600 \times 96 = 153,6 \text{ ton per timme}$$

$$\text{Utläggningskapacitet} = 1512 \times 96 = 145,2 \text{ ton per timme}$$

Kapaciteten ovan anges i ton per timme, vilket görs då beläggningens tjocklek tas med i beräkningen för att kunna avgöra det transportbehov som föreligger. Kapaciteten beräknas genom att maskinen/maskinernas kapacitet med avseende på kvadratmeter multipliceras med beläggningens vikt per kvadratmeter.

$$\text{Lasttid fräs} = \frac{\text{Lastkapacitet}}{\frac{\text{fräshastighet} \times \text{fräsbredd} \times \text{materialets vikt per m}^2}{1000}} = \frac{28}{\frac{18 \times 2,1 \times 96}{1000}} \approx 7 \text{ min}$$

Den tid som det tar för fräsen att lasta transportenheten beror på följande parametrar: framdrivningshastighet, fräsbredd, beläggningens vikt per ytenhet och transportenhetens lastkapacitet.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} =$$

$$\frac{28}{\left(\frac{15 \times 2}{40} + \frac{7}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 27 \text{ ton per timme}$$

För att kunna beräkna transportbehovet behöver vi även veta vilken transportkapacitet som varje enhet har. D.v.s. hur många ton som varje lastbil kan bortforsla per timme. Detta beräknas genom att lastkapaciteten divideras med den tid som det tar från det att lastbilen börjar att lastas till dess att den återkommer tom till arbetsplatsen.

$$\text{Transportenhetsbehov fräsning} = \frac{\text{Fräskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{153,6}{27} \approx 6 \text{ st}$$

För att beräkna hur många enheter som krävs för att maskinen ska kunna nå sin önskade kapacitet beräknas kvoten mellan upplastningskapaciteten per timme och botsforslingskapaciteten för en lastbil.

Transportkapacitet per timme och fordon (utläggning) =

$$\frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{15 \times 2}{40} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 26 \text{ ton per timme}$$

$$\text{Transportenhetsbehov utläggning} = \frac{\text{Utläggningenskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{26} \approx 6 \text{ st}$$

Tabell 14, Sammanställning av framräknade värden

Typ	Antal	Enhet
Arbetstid fräsning	47	h
Arbetstid utläggning	49	h
Fräskapacitet	153,6	Ton/h
Utläggningenskapacitet	145,2	Ton/h
Last-tid fräs	7	Min
Transportkapacitet fräs	27	Ton/h
Transportenhetsbehov fräs	6	st
Transportkapacitet utläggning	26	Ton/h
Transportenhetsbehov utläggning	6	st

I Tabell 14 ovan sammanställs de framräknade värden som sedan används för vidare beräkningar i underliggande kapitel om returlassmetoden, ekonomi och miljö.

6.4.1 Utförande med returlass

Då detta objekt utförs med beläggning i samband med fräsning så är metoden med returlass användbar. För att kunna göra vidare beräkningar angående ekonomi och miljöeffekter, behövs transportenhetsbehovet beräknas då metoden används. På grund av att fräsningen och utläggningens kapacitet är ungefär lika stor är arbetstiden ungefär den samma, vilket gör att inga extra bilar krävs förutom de gemensamma.

Transportkapacitet per timme och fordon (fräs och utläggning) =

$$\frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{15 \times 2}{40} + \frac{7}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 20 \text{ ton per timme}$$

Då tiden för varje runda förlängs med 20 minuter minskar transporterernas bortforslingskapacitet något.

$$\text{Transportenhetsbehov fräs och utläggning} = \frac{\text{Maxkapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{153,6}{20} \approx 8 \text{ st}$$

Eftersom lastkapaciteten per timme sänks något till följd av de extra moment som returlassmetoden innebär, krävs det 8 enheter för att uppnå full produktion. Antal enheter är beräknade efter fräsens kapacitet då denna bara är något högre än utläggningens.

$$\text{Transportenhetsbrist fräsning} = \frac{\text{fräskapacitet} - \text{antal returlassenheter} \times \text{kapacitet}}{\text{bortforslingskapacitet fräs}} = \frac{156,3 - 8 \times 20}{20} \approx 0 \text{ st}$$

6.4.2 Ekonomiska aspekter

I detta avsnitt beskrivs och beräknas de ekonomiska konsekvenser som uppstår då antalet transportenheter minskar till följd av ett mer effektivt utnyttjande. Då arbetet utförs med 1 fräs blir det klart på 47 timmar men transportererna kommer att användas ytterligare 1 timme per skift då det är den tid som fräsen startat före utläggningen, vilket innebär att ingen garantitid kommer att debiteras eftersom antalet timmar uppgår till 7 per skift.

$$\text{Transportkostnad fräs} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 6 \times 900 \times 47 = 253\,800 \text{ kr}$$

$$\text{Transportkostnad utläggning} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 6 \times 900 \times 49 = 264\,600 \text{ kr}$$

Vid utförande med traditionellt arbetssätt uppgår transportkostnaden till 253 800 kr för fräsning respektive 264 600 kr för utläggning för detta objekt. Den totala transportkostnaden uppgår därmed till 518 400 kr.

$$\text{Transportkostnad returlass (utläggning)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 8 \times 900 \times 56 = 403\,200 \text{ kr}$$

Vid användning av returlassmetoden kommer det enligt tidigare beräkningar krävas 8 enheter för att utläggning och fräsning ska uppnå full kapacitet. Den totala transportkostnaden uppgår till 403 200 kr.

Tabell 15, Förändring av transportkostnader

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Transportenheter	12 st	8 st	-33 %
Transportkostnad	518 400:-	403 200:-	-22 %

Som synes i Tabell 15 minskar både antalet transportenheter samt kostnaden för dessa kraftigt.

6.4.3 Miljömässiga aspekter

I det här avsnittet beräknas förändringarna i mängden utsläppt koldioxid, beroende på vilken arbetsmetod som används.

6.4.3.1 Beräkningar traditionell metod

Total mängd material = Uppfräst + Tillfört = (yta × vikt per ytenhet) + (yta × vikt per ytenhet) → (74500 × 96) + (74500 × 96) ≈ 14 304 ton

Den totala mängden material som transporteras anges i ton och innefattar både det material som fräses bort samt det nya som läggs ut. Då tjockleken på beläggningen är 40 mm motsvarar det 96 kg/m².

$$\text{Antal turer} = \frac{\text{Total mängd material}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{14304}{28} \approx 511$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid traditionellt användande är 28 ton.

$$\text{Total transportlängd} = 30 \times 511 = 15\,330 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 15330 \times 0,447 \approx 6\,853 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 6853 \times 2,95 = 20\,216 \text{ kg}$$

Med nuvarande arbetsmetod förbrukar transporterna 6853 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 20,2 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 15 \times 14304 = 214\,560 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{6853}{214560} \approx 0,032 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{20216}{214560} = 0,095 \text{ kg/tonkm}$$

6.4.3.2 Beräkningar med returlass

$$\text{Antal turer med returlass} = \frac{\text{Total mängd material (samkört)}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{14304}{56} \approx 256$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material som kan fraktas med returlass divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid körning med returlass i detta fall är 56 ton.

$$\text{Total transportlängd} = 30 \times 256 = 8\,192 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 8192 \times 0,559 \approx 4\,579 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 4579 \times 2,95 = 13\,508 \text{ kg}$$

Genom att använda transporterna till att köra med lass i båda riktningar så förbrukar transporterna 4579 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 13,5 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 30 \times 14304 = 429\,120 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{4579}{429120} \approx 0,011 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{13508}{429120} = 0,031 \text{ kg/tonkm}$$

Tabell 16, Sammanställning av beräknade miljöeffekter

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Total transportlängd	15 330 km	8 192 km	-47 %
Total bränsleförbrukning	6 853 L	4 579 L	-33 %
Totalt koldioxidutsläpp	20 216 kg	13 508 kg	-33 %
Förbrukning per tonkm	0,032 L/tonkm	0,011 L/tonkm	-66 %
Koldioxidutsläpp per tonkm	0,094 kg/tonkm	0,031 kg/tonkm	-67 %

Tabell 16 innehåller de framräknade förändringarna som kommer med den förändrade arbetsmetoden. Även då transportlängden minskats med 47 % så har inte minskningen varit lika stor med avseende på utsläpp och förbrukning, detta då hänsyn tagits till den ökade förbrukningen som uppkommer till följd av ökat lastkapacitetsutnyttjande.

6.4.4 Kommentarer angående beräkningsresultat

Även på det här objektet är metoden lönsam med en kostnadsminskning med 22 % och ett minskat koldioxidutsläpp på 33 %.

6.5 Objekt 5

- Plats: Mellansverige
- Mängd: 32 100 m²
- Beläggningstjocklek: 20mm (48kg/m²)
- Antal skift: 2
- Antal fräsar: 2
- Transportlängd: 73km
- Medelhastighet: 65km/h
- Arbetstid: Natt

Detta objekt återfinns i Mellansverige och ska beläggas direkt efter fräsning. Objektet är en större riksväg. Då objektet skall beläggas med tunnskiktssmassa, kan utläggningen ske med högre hastighet som i sin tur kräver att fräsningen utförs med två maskiner. Arbetet skall utföras på två arbetsskift nattetid.

$$\text{Arbetstid fräsning} = \frac{32100}{3500} = 9,5 \text{ h}$$

$$\text{Arbetstid beläggning} = \frac{32100}{3024} = 11 \text{ h}$$

Arbetstiden för fräsning respektive utläggning styrs av objektets mängd dividerat med maskinen eller maskinernas kapacitet.

$$\text{Fräskapacitet} = 3500 \times 48 = 168 \text{ ton per timme}$$

Eftersom två maskiner används fördubblas fräskapaciteten

$$\text{Utläggningsskapacitet} = 3024 \times 48 = 145,2 \text{ ton per timme}$$

Kapaciteten ovan anges i ton per timme, vilket görs då beläggningsens tjocklek tas med i beräkningen för att kunna avgöra det transportbehov som föreligger. Kapaciteten beräknas genom att maskinen/maskinernas kapacitet med avseende på kvadratmeter multipliceras med beläggningsens vikt per kvadratmeter.

$$\text{Lasttid fräs} = \frac{\text{Lastkapacitet}}{\frac{\text{fräschastighet} \times \text{fräsbredd} \times \text{materialalets vikt per m}^2}{1000}} = \frac{28}{\frac{20 \times 2,1 \times 48}{1000}} \approx 14 \text{ min}$$

Den tid som det tar för fräsen att lasta transportenheten beror på följande parametrar: framdrivningshastighet, fräsbredd, beläggningsens vikt per ytenhet och transportenhetens lastkapacitet. I detta fall ökar lasttiden trots att framdrivningshastigheten har ökat något, detta beror på att hastigheten inte ökar proportionellt med minskat fräsdjup.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{73 \times 2}{65} + \frac{14}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 11 \text{ ton per timme}$$

För att kunna beräkna transportbehovet behöver vi även veta vilken transportkapacitet som varje enhet har. Dvs hur många ton som varje lastbil kan bortforsla per timme. Detta beräknas genom att lastkapaciteten divideras med den tid som det tar från det att lastbilen börjar att lastas till dess att den återkommer tom till arbetsplatsen.

$$\text{Transportenhetsbehov fräsning} = \frac{\text{Fräskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{168}{11} \approx 16 \text{ st}$$

För att beräkna hur många enheter som krävs för att maskinen ska kunna nå sin önskade kapacitet beräknas kvoten mellan upplastningskapaciteten per timme och bortsforslingskapaciteten för en lastbil.

Transportkapacitet per timme och fordon (utläggning) =

$$\frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{73 \times 2}{65} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx \mathbf{11 \text{ ton per timme}}$$

Då beläggningstjockleken endast är 20 mm på detta objekt så innebär det att lasttiden vid fräsen ökar, samtidigt som last och loss tid förblir oförändrade för utläggningen. Anledningen till detta är att fräsens upplastningshastighet styr tiden det tar att få lass, medan utläggningen använder en shuttle buggy för att mellanlagra asfalten som gör att lastbilen kan lossa sin last snabbare än vad läggaren lägger ut asfalten.

$$\text{Transportenhetsbehov utläggning} = \frac{\text{Utläggningsskapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{11} \approx \mathbf{14 \text{ st}}$$

Tabell 17, Sammanställning av framräknade värden

Typ	Antal	Enhet
Arbetstid fräsning	9,5	h
Arbetstid utläggning	11	h
Fräskapacitet	168	Ton/h
Utläggningsskapacitet	145,2	Ton/h
Last-tid fräs	14	Min
Transportkapacitet fräs	11	Ton/h
Transportenhetsbehov fräs	16	st
Transportkapacitet utläggning	11	Ton/h
Transportenhetsbehov utläggning	14	st

I Tabell 17 ovan sammanställs de framräknade värdena som sedan används för vidare beräkningar i underliggande kapitel om returlassmetoden, ekonomi och miljö.

6.5.1 Utförande med returlass

Då detta objekt utförs med beläggning i samband med fräsning så är metoden med returlass användbar. För att kunna göra vidare beräkningar angående ekonomi och miljöeffekter behövs först transportenhetsbehovet beräknas då metoden används. Eftersom varje runda kommer att ta längre tid för lastbilarna då denna innefattar fler moment kommer behovet av transporter inte halveras, vilket man vid en första anblick skulle kunna tro. Då objektet

fräses med två fräsar kommer dess kapacitet vara något högre än utläggningens, vilket kräver fler transportenheter. Returlass kan därför bara användas med den mängd enheter som utläggningen använder, resterande bilar används med den traditionella metoden av fräsningen.

$$\text{Transportkapacitet per timme och fordon (fräs och utläggning)} = \frac{\text{lastkapacitet}}{\text{Total tid per tur}} = \frac{28}{\left(\frac{73 \times 2}{65} + \frac{14}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60} + \frac{10}{60}\right)} \approx 9 \text{ ton per timme}$$

Då tiden för varje runda förlängs med 20 minuter minskar transporterernas bortforslingskapacitet något.

$$\text{Transportenhetsbehov fräs och utläggning} = \frac{\text{Maxkapacitet}}{\text{Transportkapacitet}} = \frac{145,2}{14} \approx 16 \text{ st}$$

Eftersom lastkapaciteten per timme sänks något till följd av de extra moment som returlassmetoden innebär, krävs det 11 enheter för att uppnå full produktion. Antal enheter är beräknat efter utläggningens kapacitet då det endast är dessa som kommer att köra med returlass, resterande 1 lastbil som krävs för att fräsen ska nå full produktion tillkommer separat och har beräknats nedan.

$$\text{Transportenhetsbrist fräsning} = \frac{\text{fräskapacitet} - \text{antal returlassenheter} \times \text{kapacitet}}{\text{bortforslingskapacitet fräs}} = \frac{168 - 9 \times 16}{11} \approx 2 \text{ st}$$

6.5.2 Ekonomiska aspekter

I detta avsnitt beskrivs och beräknas de ekonomiska konsekvenser som uppstår då antalet transportenheter minskar till följd av ett mer effektivt utnyttjande. Då arbetet utförs med 2 fräsar blir det klart på 9,5 timmar totalt på två skift vilket innebär att garantitid kommer debiteras. Det samma gäller för utläggningen även om denna i princip uppnår 6 timmar per skift ändå.

$$\text{Transportkostnad fräs} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 16 \times 900 \times 12 = 172\,800 \text{ kr}$$

$$\text{Transportkostnad utläggning} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 14 \times 900 \times 12 = 151\,200 \text{ kr}$$

Vid utförande med traditionellt arbetsätt uppgår transportkostnaden till 172 800 kr för fräsning respektive 151 200 kr för utläggning för detta objekt. Den totala transportkostnaden uppgår därmed till 324 000 kr.

$$\text{Transportkostnad returlass (utläggning)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 16 \times 900 \times 12 = 172\,800 \text{ kr}$$

$$\text{Transportkostnad traditionellt (fräs)} = \text{antal enheter} \times \text{timkostnad} \times \text{arbetstid (min 6h)} = 2 \times 900 \times 12 = 21\,600 \text{ kr}$$

Vid användning av returlassmetoden kommer det enligt tidigare beräkningar krävas 16 enheter för att utläggningen ska uppnå full kapacitet. Eftersom fräsningen har en högre kapacitet behövs två extra enheter som kör transporter utan att ta returlass.

Tabell 18, Förändring av transportkostnader

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Transportenheter	30 st	18 st	-40 %
Transportkostnad	324 000:-	194 400:-	-40%

Som synes i Tabell 18 minskar både antalet transportenheter samt kostnaden för dessa.

6.5.3 Miljömässiga aspekter

I det här avsnittet beräknas förändringarna i mängden utsläppt koldioxid, beroende på vilken arbetsmetod som används.

6.5.3.1 Beräkningar traditionell arbetsmetod

Total mängd material = Uppfräst + Tillfört = (yta × vikt per ytenhet) + (yta × vikt per ytenhet) → (32100 × 48) + (32100 × 48) ≈ 3 082 ton

Den totala mängden material som transporteras anges i ton och innefattar både det material som fräses bort samt det nya som läggs ut. Då tjockleken på beläggningen är 20 mm motsvarar det 48 kg/m².

$$\text{Antal turer} = \frac{\text{Total mängd material}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{3082}{28} \approx 110$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid traditionellt användande är 28 ton.

$$\text{Total transportlängd} = 146 \times 110 = 16\,060 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 16\,060 \times 0,447 \approx 7\,179 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 7\,179 \times 2,95 = 21\,178 \text{ kg}$$

Med nuvarande arbetsmetod förbrukar transporterna 7 179 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 21,2 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 73 \times 3082 = 224\,986 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{7179}{224986} \approx 0,032 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{21178}{224986} = 0,094 \text{ kg/tonkm}$$

6.5.3.2 Beräkningar med returlass

$$\text{Andel transporter med returlass} = \frac{\text{Kapacitet returlassenheter}}{\text{Total kapacitet}} = \frac{144}{166} = 0,13$$

Eftersom returlass endast kan användas tills dess att utläggningen nått sin maxkapacitet behövs även, vilket beräknats tidigare 2 extra transportenheter som kör vid fräsarna.

$$\text{Lastkapacitet} = (\text{lastkapacitet returlass} \times \text{andel med returlass} + \text{lastkapacitet traditionellt} \times \text{andel med traditionella transporter}) = (56 \times 0,87 + 28 \times 0,13) \approx 52 \text{ ton}$$

$$\text{Antal turer med returlass} = \frac{\text{Total mängd material (samkört)}}{\text{Lastkapacitet}} = \frac{3082}{52} \approx 60$$

Antalet turer till tipplatsen beräknas genom att den totala mängden material som kan fraktas med returlass samt traditionellt och divideras med lastkapaciteten per tur, vilket vid körning med returlass och två extra enheter är 52 ton. Denna kapacitet beräknas ovan genom att andelen transporter som körs med returlass kontra traditionellt beräknas. Detta ger sammantaget 60 turer.

$$\text{Total transportlängd} = 60 \times 146 = 8\,760 \text{ km}$$

Antalet turer multiplicerat med turens totala längd ger oss den totala transportlängden som avverkas till följd av beläggningsarbetet.

$$\text{Total bränsleförbrukning} = 8760 \times 0,559 \approx 4\,897 \text{ L}$$

$$\text{Totalt koldioxidutsläpp} = 4897 \times 2,95 = 14\,446 \text{ kg}$$

Genom att använda transporterna till att köra med lass i båda riktningar så förbrukar transporterna 4 897 liter diesel och ger upphov till koldioxidutsläpp på 14,4 ton.

$$\text{Antal tonkm} = \text{transportlängd} \times \text{last} = 146 \times 3082 = 449\,972 \text{ tonkm}$$

$$\text{Förbrukning per tonkm} = \frac{\text{Förbrukning}}{\text{tonkm}} = \frac{4897}{449972} \approx 0,011 \text{ L/tonkm}$$

$$\text{Koldioxidutsläpp per tonkm} = \frac{\text{Utsläpp}}{\text{tonkm}} = \frac{4897}{449972} = 0,032 \text{ kg/tonkm}$$

Tabell 19, Sammanställning av beräknade miljöeffekter

	Traditionellt utförande	Utförande med returlass	Förändring
Total transportlängd	16 060 km	8 760 km	-45 %
Total bränsleförbrukning	7 179 L	4 897 L	-32 %
Totalt koldioxidutsläpp	21 178 kg	14 446 kg	-32 %
Förbrukning per tonkm	0,032 L/tonkm	0,011 L/tonkm	-66 %
Koldioxidutsläpp per tonkm	0,094 kg/tonkm	0,032 kg/tonkm	-66 %

Tabell 19 innehåller de framräknade förändringarna som kommer med den förändrade arbetsmetoden. Även då transportlängden minskats med 45 % så har inte minskningen varit lika stor med avseende på utsläpp och förbrukning, detta då hänsyn tagits till den ökade förbrukningen som uppkommer till följd av ökat lastkapacitetsutnyttjande.

6.5.4 Kommentarer angående beräkningsresultat

På det här objektet är metoden åter mycket lönsam. Förändringen är procentmässigt liknande den på andra objekt, vilket gör stor skillnad då det är relativt långa transportländer.

7 Intervjuer

I detta kapitel sammanfattas och presenteras de intervjuer som utförts. Intervjumetoden som använts är kvalitativ med en del förbestämda frågeställningar. Intervjupersonerna arbetar alla inom olika områden och i olika positioner, för att på så vis ge en så bred och onyanserad bild som möjligt.

7.1 Transportledare vid ett medelstort åkeri.

Intervjupersonen började på åkeriet som kranbilsförare år 2005. Efter en MC-olycka 2007 började denne att arbeta på kontoret som transportledare. De dagliga arbetsuppgifterna består framförallt av personen i fråga har löpande kundkontakt och därefter koordinerar de transporter som denne förfogar över. Åkeriet äger 10 bilar själva och har ytterligare 35 inhyrda plus att man under högsäsong hyr in ytterligare 20 bilar. Generellt sett så har man under vår, sommar och höst ungefär 10 ekipage som enbart kör asfaltstransporter.

Företaget har lite olika avtal med olika kunder och mot fräsning har man avtal om en minsta debitering om 6 timmar. Däremot har man inte samma krav på asfaltstransporterna, vilket till stor del beror på att man ändå når upp till minst 6 timmar per skift.

När jag frågar om intervjupersonen vet vilken bränsleförbrukning som deras bilar har när de kör transporter vid beläggningsarbeten så får jag berättat för mig att dem har ett elektroniskt system som ger direkt uppföljning av hur mycket som deras fordon förbrukar. Vid en inblick i systemet på de fordon som kör asfaltstransporter uppges att dessa har haft en snittförbrukning den senaste veckan på 0,53 L/km.

Angående den föreslagna arbetsmetoden uppger intervjupersonen att denne aldrig varit med om att köra beläggningstransporter med nytillverkad massa och asfaltkross i retur. Däremot har dem vid vissa tillfällen tagit med sig ny sten till asfaltverket då den aktuella rutten medfört att ett visst stenbrott passerats.

Vidare nämns dock att när bilar beställs till fräsningen vill man alltid ha trailers med låg baklem. Deras asfaltstransporter utförs till största del med bil och släp med höga baklemmar, vilket gör det svårare för fräsen att kunna lasta dem. Intervjupersonen menar dock vidare att allting går att lösa och att om metoden skulle börja användas i större skala så finns det möjligheter att anpassa de fordon som används.

När frågan ställs om de skulle vara intresserade av köra transporter enligt den metod som föreslagits säger berättas det att dem absolut är det. Dock vill dem i så fall ha någon form av avtal för hur arbetet ska gå till och ersättas.

7.2 Arbetschef fräsning

Personen i intervjun började på Nordsjö väglinje som 15åring 1972. På den tiden utförde företaget även en del fräsning med små primitiva maskiner. 1978 övergick företaget till Cleanosol där man utförde fräsning med en så kallad varmfräs, där materialet värmdes upp innan fräsning med gasol. 1981 köpte företaget den första kallfräsen i Sverige. Intervjupersonen arbetade som anställd fram tills 1990 då denne startade eget företag inom asfaltsfräsning, vilket sedermera såldes till dåvarande Vägverket produktion 1995 där personen samtidigt blev arbetschef för fräsningen.

Det dagliga arbetet består till stor del av anbudsräkningar, kundkontakter, personalkontakter, produktionsfrågor, möten och fakturering. När intervjupersonen får frågan om hur stor del av anbudsumman som består av transporter berättar denne att denna är ungefär 20 % totalt sett men om man endast tittar på de stora upplastningsfräsarna är siffran strax under 30 %.

Vidare berättas att man upprättat avtal med de flesta åkerier, där dessa kräver minst 6 timmars debitering för att utföra transporterna. Detta då beläggningsarbeten är svåra att tidsberäkna och att ett jobb kan ställas in med kort varsel.

När jag frågar om det finns någon erfarenhet av att ha varit med om att beläggningsarbeten någon gång utfört med returlass så får jag till svar att det hänt ett par gånger. Första gången var redan på 80-talet på E4 vid Linköping, vilket då föll på att bakluckan på släpen hade en smal öppning som var mer lämpad för att tippa av nytillverkad asfalt än för uppfräst. Även på 2000-talet har försök gjorts där det stora problemet var att åkarna klagade på att fräsmassorna fastnade i de varma flaken som värmts upp av den nytillverkade asfalten. Problemet löstes den gången genom att fräsen utrustades med vattenmunstycken som sprutade ut kallt vatten från transportbandet och därmed kylde av flaken.

Vidare nämns även att konstruktionen av kapellet på asfaltsbilarna är mycket känsligt för yttre påverkan, vilket gör att fräsmaskinsföraren måste vara mycket försiktig för att inte skada detta vid lastning. Konstruktionen är helt enkelt inte avsedd för att transportera annat material än just nytillverkad asfalt.

Personen i intervjun är dock intresserad av den föreslagna metoden och är övertygad om att den skulle leda till stora besparingar, speciellt vid långa transporter som kan vara upp till 100km enkel resa. Samtidig nämner denne att den troliga anledningen till att det inte direkt används är att det är lite jobbigare, att det blir mer gnäll från åkerierna och att ingen riktigt har tagit tag i det.

7.3 Entreprenadingenjör utläggning

Personen i intervjun är utbildad kemiingenjör och började först på asfaltslaboratoriet där denne sedan blev platschef innan personen i fråga åter bytte arbete och började som bitumenexpert på Trafikverket. Efter något år på Trafikverket gick denne över till att börja arbeta som entreprenadingenjör på utläggningssidan.

Dem dagliga uppgifterna består bland annat av att vara projektstöd i olika projekt där erfarenheten från kemi och bitumen är värdefull, även en stor del av arbetet består av att räkna på jobb och lämna anbud.

Intervjupersonen uppskattar att av de anbud denne räknar fram så står transportkostnaderna för ungefär 10 % av anbudssumman. På frågan om hur eventuella garantitider hanteras så får jag berättat för mig att personen i fråga inte känner till att det finns någon särskild reglering för detta. Men denne nämner även att det sällan är ett problem då utläggningen i stort sett alltid kör fulla dagar oavsett. Deras transporter utförs dels av de lagbilar som är med hela säsongen och har avtal för detta, samt de extra transporter som beställes vid behov.

Intervjupersonen har aldrig varit med om att fräsningen och asfalten använt samma bilar vid utförande av beläggingsarbete. Däremot har denne märkt att det finns ett stort motstånd mot detta från åkarna. Framförallt beroende på att kapellen är känsliga och att dessa kan bli förstörda av fräsens transportband, men också om fräsen lastar för stora lass. Vidare menar personen i intervjun att utformningen på asfaltsflaken inte är särskilt väl lämpad för att använda returlassmetoden, men säger att det borde kunna fungera om man lastar lite mindre lass.

Vidare pratar vi under intervjun om att konkurrensen på marknaden är hård och att det självklart skulle vara värdefullt att kunna minska transportkostnaderna, för att kunna vinna fler upphandlingar och tjäna mer pengar.

Under intervjun nämns en annan intressant sak, nämligen att fräsmassorna som fräses upp numera är svåra att bli av med då få asfaltverk vill ta emot dem. Detta beror enligt intervjupersonen på att man redan har stora lager med asfaltsgranulat och att Trafikverket ställer krav på att bara en viss andel återvunnen asfalt får blandas in i den nytillverkade massan.

8 Resultat

I detta kapitel kommenteras och sammanfattas de resultat som framkommit av utförda beräkningar och intervjuer. Dessa resultat tolkas och analyseras även för att ge en helhetsbild över varför de olika resultaten framkommit.

8.1 Resultat av utförda beräkningar

Tabell 20 visar en sammanställning över de två viktigaste faktorerna förändring av transportkostnad och koldioxidutsläpp. Att använda transporterna mer effektivt genom att låta dem köra returlass har vid beräkningarna visat sig vara både ekonomiskt lönsamt och lönsamt ur ett miljöperspektiv. Beroende på olika faktorer så som beläggningstjocklek och transportavstånd kan transportkostnaden ofta uppta stora delar av den totala kostnaden för ett utfört objekt. Det vill säga att ju större andel av objektssumman som består av transportkostnader, desto större blir besparingen med metoden.

Tabell 20, Sammanställning av beräkningsresultat

	Förändring transportkostnader	Förändring koldioxidutsläpp
Objekt 1	-40 %	-37 %
Objekt 2	-21 %	-5 %
Objekt 3	-31 %	-27 %
Objekt 4	-22 %	-33 %
Objekt 5	-40 %	-33 %

Transportkostnaderna minskar generellt sett mellan 20 och 40 % och koldioxidutsläppen med 5 till 37 % beroende på vilket objekt man tittar på. Det som påverkar mest är hur väl kapaciteten mellan fräsning och utläggning överensstämmer. Om exempelvis frärens kapacitet är mycket högre än utläggningens så kräver det att man likväl använder flera transporter som kör på det traditionella viset med last i endast en riktning.

Koldioxidutsläppen beräknas minska ordentligt med metoden. Enda gången som minskningen är liten är vid objekt 2 där man tvingas komplettera med flertalet transporter för att kunna tillgodose frärens transportbehov. Koldioxidutsläppen beror direkt på förbrukningen av drivmedel som i sin tur minskar tack vare ett minskat behov av antalet transporter. Antalet turer till asfaltverket minskar i bästa fall med upp till 50 %, vilket är siffror som inte utsläppen kan minska med då bränsleförbrukningen samtidigt ökar till följd av att man kör med fulla lass i båda riktningar.

Den största procentmässiga besparingen som uppstår är bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp per tonkm. Detta beror på att antalet tonkilometer blir dubbelt så många när transporterna kör med lass i båda riktningar, samtidigt som bränsleförbrukningen bara ökar något i förhållande till vad den skulle vara om transporterna körde tomma i en riktning.

8.1.1 Objekt 1

Detta objekt hade mycket god lönsamhet. De största anledningarna till detta var att fräsen och utläggningen hade liknande kapacitet, vilket innebär att inga extra transporter behövs. Istället beräknades antalet transporter efter fräsens kapacitet, vilket gör att det finns en liten överkapacitet hos transporterna med avseende på utläggningen, denna är dock liten.

En annan viktig faktor för de stora besparingarna är att transporterna debiterar minst 6 timmar som vid traditionellt användande innebär att man måste betala för timmar som ej utnyttjas. Vid körning med returlass blir arbetstiden något längre för transporterna då dessa börjar arbetspasset vid fräsen en timme innan utläggningen börjar, vilket gör att den verkliga tiden i stort sett når upp till garantitiden.

8.1.2 Objekt 2

Detta objekt är det som uppnår minst lönsamhet både ekonomiskt men framförallt miljömässigt. Anledningen till att det är så beror på att det är ett objekt som kräver att utläggningen kan påbörja sitt arbete omgående, varpå två fräsar används. Detta gör att kapaciteten för fräsningen är mer än dubbelt så stor som för beläggningen, vilket i sin tur dels gör att fler transporter som inte kör returlass måste användas. Dessutom går arbetet så pass fort att färdigställa vilket gör att garantitid utfaller för de transporter som inte kör returlass.

8.1.3 Objekt 3

Detta objekt utförs med två fräsar, vilket krävs då kapaciteten för utläggningen är så pass hög när beläggningstjockleken endast är 20mm. I princip så är utläggningens kapacitet lika hög som två fräsars gemensamma, vilket gör att endast ett fåtal extra transporter behövs till fräsen. Det vill säga att en stor del av de totala turerna utförs med returlass.

8.1.4 Objekt 4

Även detta objekt har god lönsamhet även om den är något lägre än liknande objekt. Detta beror på den korta transportlängden som gör att de extra momenten som uppstår vid returlasskörning uppgår till en större andel av den totala tiden per runda, vilket minskar bortforslingskapaciteten mer än vid andra objekt där transportsträckan är längre.

8.1.5 Objekt 5

Detta objekt har tillsammans med objekt 1 bäst lönsamhet. Objektet ska beläggas med tunnskikt och kräver därför två fräsar och två extra transportenheter, vilket sänker lönsamheten och utsläppsförbättringen något. Detta objekt har den längsta transportlängden, vilket verkar göra att returlassmetoden blir extra lönsam. För att kompensera för fräsningens högre kapacitet används två transportenheter som kör utan att ta returlass.

8.2 Analys av beräkningsresultat

Beräkningarna har påvisat att det för alla objekt är lönsamt att utföra arbetet med returlass-metoden. Hur stor lönsamheten blir varierar dock en hel del beroende på varje enskilt objekt. Framför allt är det nedan angivna parametrar som styr lönsamheten.

- Kapacitet
- Transportlängd
- Garantitid

Kapaciteten innebär egentligen hur pass väl utläggningen och fräsens kapacitet överensstämmer. Om kapaciteterna ligger nära varandra fungerar det att alla transporter kör med returlass. Ofta är dock fräsens kapacitet högre än utläggningens, vilket innebär att ytterligare transporter måste användas som inte kör med returlass. Vid arbeten där väldigt stor tidspress råder och fräsningen utförs med två maskiner kan fräskapaciteten vara långt större än utläggningens och det medför att relativt många transportenheter måste användas utan returlass. Detta påverkar såklart lönsamheten mycket både ekonomiskt och miljömässigt.

Transportlängden har även den stor inverkan på framförallt den ekonomiska lönsamheten. Detta beror på att när transportlängden närmar sig små avstånd så kommer den extra tid som det tar per tur på grund av returlassen, göra att andelen körtid blir mindre, vilket medför att transportkapaciteten blir så pass låg att det i princip vid väldigt små avstånd behövs lika många bilar som vid traditionell körning för att uppnå full kapacitet. Det ska dock nämnas att även om den ekonomiska lönsamheten blir liten så blir den miljömässiga fortfarande god, då antalet turer till asfaltverket minskar kraftigt och därigenom bränsleförbrukning och utsläpp.

Hur transporterna utnyttjas kan ge stor effekt om användandet inte når upp till garantitidskraven. Exempelvis är det väldigt lönsamt om man vid körning med returlass där fräsen påbörjar arbetet en timme innan utläggningen når upp till ett effektivt utnyttjande av transporterna som uppnår garantitiden. Annars

debiterar dessa transporter 6 timmar oavsett om dem bara behövs i exempelvis fyra timmar. Vid objekt ett så är det precis detta som händer där flera av transporterna utnyttjas i totalt sex timmar, vilket är den tid som de ändå hade debiterat.

8.3 Resultat av intervjuer

Av de intervjuade personerna så är alla intresserade av den föreslagna metoden om det visar sig att den kan vara lönsam och genomförbar. Det lyfts dock fram en del problem såsom att fräsmassor kan fastna i flaken, att asfaltkapellet är känsligt för yttre påverkan och att metoden kräver ökad administration.

- Returlassmetoden är klart intressant
- Vissa problem med att nuvarande transportenheter inte är särskilt väl utformade för den föreslagna metoden.
- Ökad administration

8.4 Analys av intervjuresultat

Att det finns ett intresse för metoden från fräsning och utläggnings sida är inte speciellt konstigt då det är uppenbart att det kan leda till besparingar. Jag kan dock också förstå åkeribranschens synpunkter då de såklart inte vill riskera att deras kapell och liknande går sönder. Dessutom skulle utförande av returlass öka utnyttjandet av deras bilar och därigenom bränsleförbrukning samt övrigt slitage.

Man har nog helt enkelt ansett att besparingen av att köra med returlass till stor del skulle ätas upp av de ökade kostnader som man skulle få betala för ökad administration och högre timpeng till åkerierna.

9 Diskussion och slutsatser

Här diskuteras i princip hela rapporten med avseende på vald metod samt de resultat som framkommit av beräkningar och intervjuer. Vidare presenteras de slutsatser som dragits, samt rekommendationer angående implementering och vidare studier.

9.1 Resultatdiskussion

9.1.1 Beräkningsresultat

Som framkommit under beräkningarna har det visat sig vara lönsamt och miljömässigt gynnsamt att använda sig av den föreslagna metoden vid beläggningsarbeten. Beräkningarna har dock visat på skillnader i hur stor lönsamheten är på olika objekt, vilket bör tas i beaktande vid användandet av metoden.

En övergång till den här metoden kommer att påverka åkerierna negativt, till följd av att färre transportenheter kommer att behövas samt att de som används kommer att ha en högre snittbränsleförbrukning än tidigare. Detta medför därmed att dessa mest troligt inte kommer att vara särskilt positiva till denna metod och därav framhäva de problem som den kan komma att medföra. Med tanke på den höga ekonomiska och miljömässiga vinsten till följd av metoden finns där utrymme för att kompensera de åkerier som erbjuder sig att köra enligt föreslaget arbetssätt. Dessa skulle exempelvis kunna ersättas genom ett påslag på timtaxan med ca 10-15 % för att täcka ökade kostnader, samt att motivera dem till att själva bli drivande i utvecklingen av metoden.

För att framgångsrikt kunna använda metoden på olika objekt kommer det krävas mer administration och planering. På större objekt kan det bli aktuellt med en ansvarig person som enbart ägnar sig åt att planera transporterna på bästa sätt. Kostnaden för detta blir relativt låg i förhållande till den besparing som metoden ger upphov till.

Beroende på vilket objekt som man räknar på kan transportkostnadens andel vara olika stor i förhållande till den totala anbudssumman. Om materialet transporteras långt kan transportkostnadsandelen bli väldigt stor jämfört med övriga kostnader. Därför är det också på dessa objekt som den ekonomiska och miljömässiga vinsten blir som allra störst.

Beräkningarna har utförts så att både utläggningen och fräsen ska kunna framföras med maximal kapacitet, vilket innebär att det ibland kan behövas extra transporter som kör utan returlast. Om möjlighet och tid finns kan det vara idé att låta fräsen som har högst kapacitet sänka denna något så att alla

transporter körs med returlass. Detta förutsätter dock att fräsen har fått möjlighet att köra upp ett försprång gentemot utläggningen, så att ingen väntetid uppstår till följd av fräsens minskade kapacitet. Det förutsätts även att inte fräsdjupet överstiger den tjocklek som ska påföras av utläggningen, i så fall krävs det att extra transporter används oavsett.

På de objekt där det råder stränga tidsrestriktioner och utläggningen måste komma igång snarast möjligt bakom fräsen så är det som nämnts tidigare nödvändigt med flera extra transporter för att bägge fräsarna ska kunna prestera på max. Ibland är detta helt nödvändigt men man bör i största möjliga mån hålla ner antalet fräsar till en, då man får en betydligt bättre lönsamhet när en större andel transporter kan köra med returlass.

9.2 Intervjuer

Ungefär som förväntat fanns det ett intresse för metoden och dess förväntade besparingar. Samtidigt gav intervjuerna en bild av att synen på metoden till stor del är att den förvisso borde användas men att den är krävande och lite jobbig. Detta beror främst på åkeribranschens motstånd mot denna förändring. Intervjupersonerna höll alla med om att ifall metoden skulle börja användas mer storskaligt så skulle åkerier och tillverkare börja anpassa sina ekipage mer för ändamålet, det är helt enkelt inte så att metoden är omöjlig utan snarare att branschen i vissa avseenden är konservativ.

9.3 Metoddiskussion

9.3.1 Teori

Det har övergripande varit svårt att hitta litteratur som behandlar ämnet. Det finns exempelvis inga liknande studier inom samma område. Det har dock funnits gott om information att finna när det gäller miljödelen samt produktionsaspekten.

9.3.2 Beräkningar

Beräkningarna som utförts grundar sig på flera olika variabler som varierar mellan olika objekt. De variabler som påverkar beräkningarna mest är medelhastighet, lastkapacitet, fräskapacitet, timkostnad och bränsleförbrukning.

- **Medelhastighet:** Denna grundar sig på det aktuella transportavståndet och är framtagen för att ge en generell uppskattning av vilken medelhastighet som transporterna kommer att ske i. Hastigheten är dock

unik för varje objekt och påverkas väldigt mycket vid köer, typ av väg osv.

- Lastkapacitet: 28 tons lastkapacitet är ett ungefärligt medelvärde för vad en normal fordonskombination i beläggingsbranschen kan lasta. Eftersom fräsen lastar transporterna på arbetsplatsen och avgör när varje bil har lass så kan den verkliga lasten variera en hel del.
- Fräskapacitet: Denna beror väldigt mycket på hur hård den gamla asfalten är. Olika beläggningstyper kan påverka kapaciteten i stor utsträckning så att den i vissa fall halveras.
- Bränsleförbrukning: Det finns ingen mätning för vad genomsnittsbilen förbrukar vid dessa typer av jobb utan beräkningarna är utförda från ett generellt snittvärde som adderas med 25 % när returlass körs. Förbrukningen varierar också mellan objekt beroende på fordon, topografi, beläggning osv.
- Timkostnad: Den kostnad som åkerierna tar ut per timme skiljer sig en del mellan dessa. Vissa har exempelvis extra debitering nattetid osv.

Även om ovanstående faktorer är variabler så visar fortfarande beräkningarna på stora besparingar. Även om omfattande undersökningar skulle göras för att kartlägga dessa variabler så skulle avvikelsern ändå kunna vara stor för ett enskilt objekt.

9.3.3 Intervjuer

Eftersom rapportens ämne är så pass specifikt finns det inte speciellt många personer att intervjua och att göra en enkätundersökning kändes inte som rätt metod. Dock skulle det vara intressant med fler intervjuer för att än mer belysa de problem och möjligheter som finns med metoden.

9.4 Slutsatser

I detta kapitel presenteras de slutsatser som dragits av utförda beräkningar och intervjuer.

- Metoden är ekonomiskt lönsam på flera objekt med besparingar på upp till 40 %
- Metoden är miljömässigt lönsam på alla objekt med besparingar på upp till 40 %

- Det finns ett visst motstånd som måste övervinnas för att metoden ska kunna införas
- Metoden kommer kräva mer produktionsplanering
- Störst lönsamhet uppstår vid långa transportlängder och samma kapacitet för fräs och utläggning
- Metod för att uppfräst material inte ska fastna i flaken har tidigare testats och fungerat
- En extra ersättning kommer att behöva betalas ut till åkerierna

9.4.1 Rekommendationer

9.4.1.1 Använd metoden på rätt objekt.

Metoden är lönsam både ur ett ekonomiskt perspektiv och ett miljömässigt. Störst lönsamhet uppstår när den största delen av varje tur upptas av körtid. Detta sker när transportavstånden är medellånga till långa. Vid korta avstånd så är den ekonomiska vinsten så pass liten att den troligtvis inte kommer täcka de ökade kostnader för varje enhet samt den administration som tillkommer.

Vad som är rätt objekt styrs också av hur pass hög kapaciteten är på fräsning kontra utläggning. Helst ska dessa vara så nära överensstämmande som möjligt för att möjliggöra att så många turer som möjligt körs med returlass.

9.4.1.2 Ekonomisk ersättning till åkerierna.

För att åkare ska vilja köra dessa transporter bör en bonus utgå per debiterad timme till följd av det ökade utnyttjande. Ett påslag på 10-15 % torde vara rimligt med avseende på den kostnadsminskning som metoden innebär för entreprenören. Den ökade ersättningen är också tänkt att verka som en morot till åkerierna och därigenom förhoppningsvis påverka dem att själva komma med lösningar angående utformning av sina ekipage.

9.4.1.3 Administration

Det kommer att krävas mer resurser till att planera och driva igenom införandet av metoden. Till detta kommer det krävas någon form av arbetsledare som är ute på plats och ser till att allting fungerar, åtminstone till en början.

9.4.1.4 Förslag till vidare studier

För att göra framtida beräkningar av ekonomi och miljö mer exakta rekommenderas en grundlig undersökning av verkliga förhållanden vid beläggningsarbeten. Detta innefattar mätning av olika medelhastigheter, bränsleförbrukning, kapaciteter osv för att på så vis minska felmarginalen som uppkommer i beräkningarna till följd av de ingående variablerna.

Rekommendation ges även för att vidare studera hur olika typer av lastbilsbesättning skulle kunna utformas, för att bättre klara av att utföra metoden.

Det rekommenderas även att man gör vidare undersökningar på vilka effekter som metoden får med avseende på andra typer av miljöutsläpp.

10 Referenser

European commission, 2016. *Road transport: Reducing CO2 emissions from vehicles*. [Online]

Available at:

http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm

[Använd 22 03 2016].

Europeiska kommissionen, 2006. *Klimatförändringar- vad innebär de egentligen?*, Luxemburg: Byrån för Europeiska gemenskapernas officiella publikationer.

EU-upplysningen, 2015. *Klimatmål för att stoppa global uppvärmning*. [Online]

Available at: <http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Vad-EU->

[gor/Miljopolitik-i-EU/Klimatmal-for-att-stoppa-global-uppvarmning/](http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Vad-EU-gor/Miljopolitik-i-EU/Klimatmal-for-att-stoppa-global-uppvarmning/)

[Använd 22 03 2016].

Falkner, R., 2013. *Handbook of Global Climate and Environment Policy*. Chichester: Wiley-Blackwell.

Hammarström, U. & Yahya, M. R., 2000. *Uppskattning av representativa bränslefaktorer för tunga lastbilar*, Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.

Harris, F., McCaffer, R. & Edum-Fotwe, F., 2013. *Modern Construction Mngement*. 7:e red. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

International Energy Agency, 2016. *About us*. [Online]

Available at: <http://www.iea.org/aboutus/>

[Använd 23 03 2016].

Izzo , M. & Myhr, A., 2015. *Lastbilars klimateffektivitet och utsläpp*, Stockholm: Trafikanalys.

Naturvårdsverket, 2016. *Därför blir det varmare*. [Online]

Available at: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-blir-det-varmare/>

[Använd 23 03 2016].

Peterson, G., 2016. [Intervju] (12 05 2016).

Roadtec, u.d. *SB-2500e/ex*. [Online]
Available at: <http://www.roadtec.com/products/material-transfer-vehicles/sb-2500e-ex>
[Använd 11 05 2016].

Sandahl, O., 2005. *Asfaltboken*, u.o.: Asfaltskolan.

Statoil, 2013. *Vad har vi i tankarna?*, u.o.: Statoil.

Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, 2011. *Diesel*. [Online]
Available at: <http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/dieselbransle/>
[Använd 01 04 2016].

Svensson, M., 2016. [Intervju] (10 05 2016).

Trafikverket, 2015. *Underhåll av belagda vägar*, u.o.: u.n.

Trafikverket, 2016. *Teknisk beskrivning för utförande av underhållsbeläggningar 2016*, u.o.: Trafikverket.

Transportstyrelsen, u.d. *Lastbil*. [Online]
Available at:
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/Fordonsregler/Lastbil/>
[Använd 21 03 2016].

Transportstyrelsen, u.d. *Miljözoner*. [Online]
Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Miljozoner/>
[Använd 22 03 2016].

Figur 1, Illustration av Shuttle buggyns funktion (Roadtec, u.d.)	7
Figur 2, Utsläpp av koldioxidekvivalenter per tonkm mellan år 1990 och 2013 (Trafikanalys, 2015)	13
Figur 3, Fräsningsarbete norr om Göteborg	16
Figur 4, Arbetsgång fräsning och asfaltering	18
Figur 5, Arbetsgång returlass	21

11 Bilaga

Intervjufrågor

Transportledare

- Berätta lite om dig själv och din bakgrund!
- Kan du berätta lite om hur ditt dagliga arbete ser ut?
- Hur stor del av er fordonsflotta används för att utföra transporter av asfalt?
- Vilken minidebitering har ni mot kund?
- Vet du ungefär vilken bränsleförbrukning som era fordon har vid beläggningsarbeten?
- Det är ju vanligt förekommande med returlass inom anläggningsjobb. Men vad är din erfarenhet angående detta från beläggningsbranschen?
- Hur skulle ni ställa er till att utföra arbete med returlass?

Arbetschef

- Berätta lite om dig själv och din bakgrund!
- Kan du berätta lite om hur ditt dagliga arbete ser ut?
- Hur stor del av anbudet som ni lämnar består generellt sett av transportkostnader?
- Har åkerierna någon minidebitering?
- Vad är din erfarenhet angående returlass från beläggningsbranschen?

Entreprenadingenjör

- Berätta lite om dig själv och din bakgrund!
- Kan du berätta lite om hur ditt dagliga arbete ser ut?
- Hur stor del av anbudet som ni lämnar består generellt sett av transportkostnader?
- Har åkerierna någon minidebitering?
- Vad är din erfarenhet angående returlass från beläggningsbranschen?