



Rapport 2017:2

Infrastrukturlösningar för att öka massgodstransporternas effektivitet och produktivitet i städer



Angelika Treiber
Peter Bark

Omslagsbilder: TFK

Förord

Föreliggande rapport utgör redovisning av projektet *Energieffektiva transporter av massgods i stora tätortsområden och storstäder*. Projektet har genomförts av TFK – TransportForsK i samarbete med representanter för byggföretag, fordonstillverkare, kommuner, åkerinäringen samt intresseorganisationer inom transportbranschen.

Ansvarig forskare för detta projekt och huvudförfattare till denna rapport har varit civ. ing. Angelika Treiber, TFK. Vidare har tekn. dr. Peter Bark, TFK, medverkat i projektet samt varit medförfattare till denna rapport.

Projektet har initierats mot bakgrund av erfarenheter och resultat som framkommit inom den tidigare av Energimyndigheten finansierade förstudien *Energieffektiva kortväga massgodstransporter på väg* (TFK 2014:3).

Arbetet har främst finansierats genom det strategiska innovationsprogrammet InfraSweden2030. Bakom detta står Energimyndigheten, Formas och Vinnova. Vidare har projektdeltagarna tillsammans med övriga intressenter bidragit till projektets finansiering genom insatser i form av eget arbete.

Projektets finansörer och övriga intressenter har genom en projektgrupp löpande tagit del av projektets resultat samt även haft möjlighet att påverka projektets inriktning. I projektgruppen har följande personer utöver författarna ingått:

Börje Gustavson	B G-son AT
Torbjörn Heierson	Sveriges Åkeriföretag
Arne Johansson	CeDe Group
Robert Lundström	NCC Industri
Per Olsson	Parator Industri AB
Tommy Rosgardt	Volvo Group Trucks Technology
Magnus Åkehag	Skanska

Rapporten har granskats av projektgruppens deltagare.

TFK vill med detta rikta ett stort tack till projektets finansörer, övriga intressenter samt personal hos intressenterna vilka medverkat i projektet, eller bidragit med viktig information, och på andra sätt aktivt medverkat till projektets genomförande.

Stockholm i december 2017

Peter Bark

Innehåll

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Syfte och mål.....	3
1.3	Tidigare studier	4
1.4	Metod och genomförande.....	4
1.5	Definitioner	5
2	Nulägesbeskrivning	8
2.1	Regler för vikt och dimensioner.....	8
2.2	Massgodstransporter i städer och tätorter.....	10
2.3	Konsolideringscenter/bygglogistikcentrum	15
3	Ansätser infrastrukturlösningar.....	17
3.1	Rangerings- och omlastningsplatser.....	17
3.2	Noder och stråk	20
4	Fallstudier	21
4.1	Genomförda fallstudier	21
5	Analys.....	27
5.1	Antaganden.....	27
5.2	Analys utifrån fallstudierna.....	28
5.3	Inverkan på resultatet	33
6	Resultat och slutsatser	34
6.1	Resultat.....	34
6.2	Slutsatser	35
6.3	Fortsatta studier	35
	Referenser	37
	Bilaga 1.....	39
	Bilaga 2.....	41

Sammanfattning

Massgods är den största varugrupp som transporteras på gatu- och vägnätet. Flertalet av dessa transporter utgörs av jord, sand, sten samt andra schaktmassor och utförs ofta på korta avstånd inom storstadsområden, under 60 km. I Stockholms län svarar massgodstransporterna dessutom för mer än 50 % av den totala transporterade godsmängden i ton. Massgodstransporter i tätortsmiljö är därtill en resurskrävande, kostsam och miljöpåverkande verksamhet.

Inom flera större städer och tätorter i Sverige råder lokala restriktioner avseende fordons och fordonskombinationers vikt och längd. En vanligt förekommande restriktion är BK2 och en maximalt tillåten fordonslängd på 12 m i innerstadsområden. På grund av dessa lokala restriktioner begränsas ofta lastförmågan hos de fordon som utför transporter av massgods. För en 3-axlad lastbil begränsas lastvikten med ca 20 % vid BK2 jämfört med lastvikten för samma fordon vid BK1. Detta innebär att en stor del av de aktuella transporterna inte kan utföras på ett, ur olika aspekter, effektivt sätt. Vidare medför restriktionerna att fler fordonsrörelser krävs för att transportera en viss godsmängd än vad som varit fallet om fordonen kunnat lastas till full lastförmåga eller om större fordon eller fordonskombinationer kunnat användas. Ett problem som följer av detta är att energiförbrukningen per transporterad mass- eller godsenshet blir högre vilket bidrar till en större miljöbelastning.

Studiens mål har varit att ge en helhetsbild över hur infrastrukturen och transportsystemen bör utvecklas för att öka massgodstransporternas effektivitet i städer under hela transportkedjan. Denna studie har vidare syftat till att öka kunskapen om hur en utveckling av samhälls- och byggnadsplaneringen kan skapa bättre förutsättningar för effektiva massgodstransporter samt att öka förståelsen för och betydelsen av att även ta med frågeställningar som berör transporter av massgods i samhällsplaneringen.

En kartläggning och analyser kring utformning och lokalisering av omlastnings- och rangerplatser samt noder och stråk för massgodstransporter i städer och tätorter har genomförts. Fallstudier utfördes med utgångspunkt i verkliga transportuppdrag och analyser genomfördes avseende vilka effekter som nya infrastrukturlösningar och transportsystem för massgodstransporter i städer medför, både ur miljö-, energi-, trängsel- och kostnadssynpunkt. En workshop genomfördes med berörda aktörer och beslutsfattare/politiker.

Genom att anlägga rangerings- och omlastningsplatser i nära anslutning till områden med begränsningar i fordonslängder och fordonsvikter kan massgodstransporterna bli betydligt mer energi- och tidseffektiva jämfört med dagens transporter. Fallstudierna visade att rangering och/eller omlastning kan minska energiförbrukningen med mellan 40 % och 50 % jämfört med nuvarande transportupplägg. Det är dock en hård konkurrens om ytor i storstadsregionerna. Det är därför viktigt att rangerings- och omlastningsplatser tas med i infrastrukturplaneringen samt att det ställs krav vid upphandling av större byggnationer att rangerings- och omlastningsplatser måste erhållas för transporterna till och från arbetsplatsen.

Sammanfattningsvis finns det en stor potential att effektivisera massgodstransporterna i de stora tätorterna genom förhållandevis enkla medel. Massgodstransporter är dock ofta en bortglömd varugrupp i diskussioner kring godstransporter, trots att massgods står för den största andelen av den transporterade godsmängden. Med effektiviserade massgodstransporter kan trängseln minska samtidigt som dessa transporters energiförbrukning och klimatpåverkan dessutom kan minska. Detta i linje med de transportpolitiska målen samt miljömålen. Det finns därför mycket att vinna på att fokusera mer på massgodstransporterna samt att belysa massgodstransporternas betydelse för samhället.

Summary

Construction material is the largest product group that is transported on the street and road network. Most of these transports consist of soil, sand, rock and other materials and are often carried out within short distances within metropolitan areas, in Sweden less than 60 km. In Stockholm, transports of construction materials also accounts for more than 50 % of the total transported freight weight. Construction material in urban areas is also a resource-intensive and expensive activity with a large environmental impact.

Within several major cities in Sweden there are local restrictions on the weight and length of vehicles and vehicle combinations. A common restriction is BK2 and a maximum permissible vehicle length of 12 m in inner city areas. Due to these local restrictions, the load capacity of the vehicles carrying construction materials is often limited. For a 3-axle truck, the load weight is limited by approximately 20 % at BK2 compared with the load weight of the same vehicle at BK1. This means that a large part of the current transports cannot be done efficiently. Furthermore, restrictions imply that more vehicle movements are required to carry a certain amount of goods than would be the case if the vehicles could be loaded to full load capacity or if larger vehicles or combinations of vehicles could be used. One problem that arises from this is that energy consumption per transported mass or cargo unit becomes higher which contributes to greater environmental impact.

The aim of the study was to provide an overall picture of how the infrastructure and transport systems should be developed to increase the efficiency of transports of construction materials in cities throughout the transport chain. Furthermore, the study aims to increase understanding of and importance of including issues relating to the transport of construction materials in social planning.

An investigation and analysis of the design and location of shunting and transshipment sites as well as nodes and paths for bulk cargo in cities and urban areas have been carried out. Case studies were conducted on the basis of real transport assignments. Analyzes have been made regarding the effects of new infrastructure solutions and transport systems for transport of construction materials in cities, both from an environmental, energy, congestion and cost perspective. A workshop was conducted with stakeholders and decision makers/politicians.

By establishing shunting and transshipment sites close to areas with limitations of vehicle length and vehicle weights, transport of construction materials can be significantly more energy and time efficient compared with today's transports. Case studies indicates that a reduction in energy consumption between 40 % and 50 % can be achieved compared with today's transport. However, there is a competition for areas in the metropolitan areas. It is therefore important that shunting and transshipment sites are included in the infrastructure planning and that it is required that large buildings sites establish shunting and transshipment sites.

There is a great potential to make transports of construction materials more effective in urban areas by relatively simple means. Transport of construction materials is, however, often a forgotten product group in discussions about freight transport, even though construction materials account for the largest share of the freight transported. With more efficient freight transports, congestion can decrease while reducing the energy consumption and climate impact of these transports. There is therefore much to be gained from focusing more on transports of construction materials.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vägfordonens maximala bruttovikter, eller egenvikten och nyttolasten sammantagna, begränsas främst av bruttoviktsbestämmelserna för det allmänna vägnätet. Vidare finns begränsningar av längd, bredd och höjd för enskilda fordon respektive fordonskombinationer. Det svenska gatu- och vägnätet är indelat i bärighetsklasser där bärighetsklass BK1, som omfattar 94 % av det allmänna vägnätet, tillåter 64 tons bruttovikt för en fordonskombination med en totallängd på 24 m generellt samt 25,25 m för modulfordon (EMS) och ett avstånd mellan första och sista axeln i fordonskombinationen på minst 20,2 m. Vid den lägre bärighetsklassen BK2 tillåts en bruttovikt på högst 51,4 ton för fordonskombinationer och vid lägsta bärighetsklassen BK3 tillåts en bruttovikt på högst 37 ton för fordonskombinationer. Vid BK2 begränsas även de 3-axlade bilarnas boggitryck till maximalt 16 ton respektive 12 ton vid BK3. Detta jämfört med maximalt 19 ton vid BK1.

Inom flera större städer och tätorter i Sverige råder lokala restriktioner avseende fordons och fordonskombinationers vikt och längd. En vanligt förekommande restriktion är BK2 och en maximalt tillåten fordonslängd på 12 m i innerstadsområden. På grund av dessa lokala restriktioner avseende tillåtna fordonslängder och bruttovikter begränsas ofta lastförmågan hos de fordon som utför transporter av massgods. För en 3-axlad lastbil begränsas lastvikten med ca 20 % vid BK2 jämfört med lastvikten för samma fordon vid BK1. Detta innebär att en stor del av de aktuella transporterna inte kan utföras på ett, ur olika aspekter, effektivt sätt. Vidare medför restriktionerna att fler fordonsrörelser krävs för att transportera en viss godsmängd än vad som varit fallet om fordonen kunnat lastas till full lastförmåga eller om större fordon eller fordonskombinationer kunnat användas. Ett problem som följer av detta är att energiförbrukningen per transporterad mass- eller godsenshet blir högre när andelen nyttolast minskar i förhållande till fordonets egenvikt. En större andel av den förbrukade energin kommer därför att användas för att förflytta fordonet istället för att förflytta dess last, vilket bidrar till en större miljöbelastning samt en ökad trängsel.

1.2 Syfte och mål

Studien har som mål att ge en helhetsbild över hur infrastrukturen och transportsystemen bör utvecklas för att öka massgodstransporternas effektivitet i städer under hela transportkedjan. Detta från att massorna lastas vid arbetsplatsen inne i staden till att de lossas vid exempelvis en terminal eller annan materialanläggning utanför innerstaden samt för den omvända processen, det vill säga leverans av exempelvis grus, sand och ballast in till staden. Studien avser att kartlägga och analysera utformning och lokalisering av omlastnings- och rangeringsplatser samt stråk för massgodstransporter i städer och tätorter där restriktioner avseende vikter och längder respektive framkomlighetsbegränsningar råder.

I tidigare studier har det framkommit att genom omlastning och överflyttning av lastbärare kan bränsleförbrukningen per transporterat ton massgods i en transportkedja halveras jämfört med om samma transportuppdrag utförs med en 3-axlad lastbil som kör hela sträckan med lastbegränsning enligt BK2. Dock saknas kunskap om hur omlastning, rangering och överflyttning av lastbärare ska ske på ett effektivt sätt samt hur dessa platser ska utformas. Ytterligare kunskap behövs även kring andra infrastrukturfrågor, exempelvis stråk som förstärks för att möjliggöra tyngre transporter. En avsikt med studien är att analysera möjligheter till, krav på och behov av förändrade transportsystem samt infrastrukturlösningar i och kring städer. Omlastnings- och rangeringsplatser kan exempelvis möjliggöra omlastning och omkoppling av fordonskombinationer samt överflyttning av lastbärare mellan olika typer av fordon. Etablering

av noder och stråk kan möjliggöra högre fordonsvikter och längre fordon i innerstaden. Detta förväntas leda till nya transportlösningar som möjliggör en sänkt energiförbrukning, lägre transportkostnader och minskad tidsåtgång per transporterat ton massgods.

Denna studie syftar vidare till att öka kunskapen om hur en utveckling av samhälls- och byggnadsplaneringen kan skapa bättre förutsättningar för effektiva massgodstransporter. Ett syfte är vidare att öka förståelsen för och betydelsen av att även ta med frågeställningar som berör transporter av massgods i samhällsplaneringen. Avsikten med en sådan utveckling är att skapa effektivare massgodstransporter på kort och lång sikt samt att utveckla lösningar för en effektivare planering av massgodstransporterna.

1.3 Tidigare studier

Två förstudier har tidigare utförts inom massgodsområdet av TFK, *Energieffektiva kortväga massgodstransporter på väg* (Krantz et al, 2014) samt *Energieffektiva transporter av massgods i stora tätortsområden och storstäder* (Treiber et al, 2016).

Studierna har visat att begränsningar av fordonens lastkapacitet genom restriktioner i bruttovikten, på grund av en låg bärighetsklass, såsom BK2, i betydande omfattning medför effektivitetsförsämringar, en ökad energiförbrukning och högre kostnader per transporterad mängd gods eller material. Detta trots att dessa begränsningar vanligen endast berörde korta avsnitt av transportsträckan.

Tidigare studier har indikerat att bränsleförbrukning, transportkostnad och tidsåtgång per transporterat ton massgods i vissa fall kan halveras om det finns möjlighet till omlastning och rangering av släp och lastbärare vid in- och utfart till innerstadsområden där restriktioner avseende fordonens vikt och längd råder. Idag föreligger dock en betydande brist på omlastnings- och rangeringsplatser. Vid stora byggen har det i vissa fall upprättats tillfälliga bygglogistikcenter för att effektivisera transportererna av främst ankommande material och varor. Detta genom att möjliggöra bland annat omlastning och samdistribution till olika byggen inom ett område med flera byggplatser. Dessa bygglogistikcenter är främst utformade för och inriktade på omlastning och samdistribution av material och varor som levereras på pall eller annat styckegods samt avfall men däremot inte massgods. Samtidigt står transporter av massor för en betydande del av det totala antalet transporter till och från en byggarbetsplats och dessa kan effektiviseras genom att omlastning och rangering av efterfordon och lastbärare möjliggörs.

I tidigare studier har det belysts att de problem, i form av skador, som tunga fordon kan förorsaka på gatu- och vägnätet till stor del beror på markvibrationer. Dessa beror i sin tur både på fordonets axeltryck och med vilken hastighet fordonet framförs inom känsliga gatu- och vägavsnitt. För att minska risken för skador på gatu- och vägnätet har förslag om att införa hastighetsrestriktioner för de aktuella fordonen i områden med svag infrastruktur och vid andra känsliga passager framlagts. Ytterligare åtgärder som kan öka förutsättningarna för en energieffektivisering av massgodstransporterna är att skapa noder och stråk för tunga transporter i innerstaden där infrastrukturen anpassas för dessa fordon och där stråken knyts samman med omlastnings- och rangeringsplatser, vilka kan utgöra systemets noder.

1.4 Metod och genomförande

Studien har utgått från tidigare studier och utförts med en explorativ ansats. Ett angreppssätt har varit att genomföra fallstudier och samla in data från branschens olika aktörer och intressenter. Med utgångspunkt i fallstudierna och datainsamlingen har olika infrastrukturella lösningar utvärderats och analyserats främst utifrån energiförbrukning, kostnader samt tidsåtgång. De olika infrastrukturella lösningarna har presenterats och diskuterats vid en workshop med berörda aktörer och intressenter. Resultatet har slutligen sammanställts och redovisas i denna rapport.

1.5 Definitioner

Boggi	Två hjulaxlar med ett inbördes avstånd som är mindre än 2 m.
Boggitryck	Den sammanlagda vikten som överförs till vägbanan från hjulen på två intill varandra, och på ett inbördes avstånd mindre än 2,0 m, monterade fordonsaxlar.
Bruttovikt	Den sammanlagda vikten som överförs till vägbanan från samtliga axlar och hjul på ett enskilt fordon eller för ett helt ekipage bestående av flera sammankopplade fordon.
Bärighetsklass	Indelning av vägar utifrån vilket statistiskt tryck i form av bruttovikter som tillåts. Detta inkluderar även reglering av axel-, boggi- och trippelboggitryck.
Dolly	En dolly är ett efterfordon med kopplingsanordning avsedd att dra ett efterfordon, i form av en påhängsvagn (trailer). En dolly sammankopplad med en påhängsvagn utgör funktionellt en släpvagn. En dolly har inte någon lastyta eller något lastutrymme.
Dragbil	En dragbil är ett fordon med kopplingsanordning avsedd för att dra någon typ av efterfordon, vanligen en påhängsvagn (trailer). Dragbilen kan vanligen inte bära någon last i ett eget lastutrymme utan all last transporteras på efterfordonet (Krantz et al, 2014).
Efterfordon	Ett efterfordon dras oftast av en dragbil eller lastbil och utgörs vanligen av en dolly, kärra, släpvagn eller påhängsvagn (Krantz et al, 2014).
Euroklass	Nya tunga dieseldrivna fordon kan klassas enligt Europas utsläppsreglering för Euroklass (Euro) 1 till 6. Denna indelning gäller alla dieseldrivna fordon med en totalvikt på över 3,5 ton. Euro 1 började gälla för fordon med registreringsår 1993 och för fordon med registreringsår 2014 eller senare gäller Euro 6. Dessa utsläppsstandarder inkluderar utsläpp av CO, HC, NO _x , PM (Particulate Matter), PN (Particle Number) och rök (Dieselnet, 2015).
Grävmaskin	En grävmaskin är en anläggningsmaskin som används för olika schaktarbeten såsom grävning, lastning samt rivning.
Hjullastare	En hjullastare, även kallad lastmaskin, är en självgående motordriven hjulburen maskin med frontmonterat lyftarmssystem som främst är anpassat för lastning med skopa. Hjullastare kan även användas för schaktning. Vidare kan en hjullastare, genom byte av arbetsredskap, användas för hantering av de flesta typer av material och gods (Bark red, 2002).
Kassettflak	Kassettflak är utformade så att släpets flak kan dras över på lastbilens flak, vilket även är tippbart. Detta medför att flakhanteringen underlättas och att avställning av flak på marken, i samband med att dessa skiftas mellan lastbil och släp, kan undvikas. Nackdelen med kassettflak är att de inte bör användas för vissa typer av material och/eller schaktmassor. Exempelvis bör transporter av krossat berg undvikas då detta medför ett stort slitage på flaken.
Kärra	En kärra är ett efterfordon med en dragstång genom vilken en del av detta fordons egenvikt överförs till dragfordonet. Ett annat försvenskat begrepp för kärra är centeraxelsläp. Tippkärror är vanligen försedda med en, två eller tre axlar (Krantz et al, 2014). En kärra kan vikas 90 grader gentemot dragfordonet vilket gör det möjligt att genom bakåttippning lossa både kärra och dragfordon utan att koppla isär dessa.

- Lastbil** En lastbil är ett fordon som antingen lastas med en lös (utbytbar) lastbärare, eller är försett med en lastbärare som utgörs av en fast påbyggnad, i vilken det finns ett lastutrymme eller en lastyta i detta fall i form av ett tippflak. Tunga lastbilar förses vanligen med en kopplingsanordning för att kunna dra ett efterfordon.
- Lastväxlare** En lastväxlare är en påbyggnad som möjliggör att en lastbil kan hantera och transportera olika typer av lastbärare, såsom flak för schaktmassor och/eller avfall, samt olika typer av behållare, vilket även gör lastbilen flexibel. Lastväxlaren är oftast utformad som en krokliift. Dess funktion är att lyfta upp lastbäraren på fordonet, tippa lastbäraren bakåt respektive att sätta av lastbäraren, på marken eller på en brygga. Den kan även skjuta eller dra lastbärare mellan lastbil och släp. En påbyggnad i form av en krokliift ökar fordonets egenvikt med 2 - 2,5 ton.
- Link** En link är en påhängsvagn som är utrustad med en vändskiva för att möjliggöra tillkoppling av ytterligare en påhängsvagn. Linkar används exempelvis i modulekipage med en totallängd på 25,25 m. En link är vanligen försedd med en skjutbar boggi vilket möjliggör att vändskiva och boggi kan skjutas in under lastbäraren när någon ytterligare påhängsvagn ej är tillkopplad.
- Massgods** Massgods avser bulk gods, det vill säga gods i lös vikt av homogen karaktär som oftast hanteras med skopa eller pump. Exempel på massgods är jord, grus, sten, sand, rivningsmassor, betong och asfalt. Gemensamt är ett lågt värde per ton samt att flertalet av transportererna sker med en för det enskilda godsslaget specialanpassad lastbärare såsom malmvagn, betong- eller tankbil.
- Påhängsvagn (trailer)** Påhängsvagnen benämns oftast trailer, eller semi-trailer och är ett efterfordon vilket med en dragtapp kopplas till en dragbil, eller en dolly (Bark red, 2002). Påhängsvagnen förses ofta med samma slags lastutrymmen och påbyggnader som andra typer av vägfordon. Detta innebär att påhängsvagnar som används vid anläggningstransporter ofta har tippflak. Påhängsvagnar med tippflak är vanligen utrustade med skjutbar boggi som vid transport på allmän väg skjuts bakåt för att öka avståndet mellan den första och sista axeln i en fordonskombination samt för att skapa en bättre fördelning av lastvikten.
- Roterbil** En roterbil används för transport av exempelvis betong. Lastutrymmet består av en lutande cylinder vilken roteras under färd. Detta för att hålla massan homogen samt för att undvika att betongens ballast sjunker ned på botten av lastbäraren. Lossning sker vanligen genom en ränna av begränsad längd som fälls ut bakom bilen. På längre avstånd tillämpas ofta pumpning i rör.
- Rullflak** Ett rullflak är en i bakändan rullförsedd lastbärarram anpassad för lastväxlare av typen krokliift och som vanligen förses med en flakpåbyggnad. Rullflakets ram är oftast utformad enligt en nationell standard (i Sverige SMS 3021). Rullflaket är den vanligaste förekommande typen av växelflak vid entreprenad- och massgodstransporter. För massgodstransporter finns olika flak för transport av exempelvis asfalt, grus och schaktmassor, flis och skrot. Rullflak kan även vara anpassade för transporter av maskiner.
- Släpvagn** En släpvagn är försedd med minst två axlar, varav den främre axeln eller de främre axlarna är styrbara. På släpvagnen finns vidare en dragstång vilken är avsedd att ta upp drag- och tryckkrafter, från det dragande fordonet, samt krafter i sidled för styrning av den främre axeln eller de främre axlarna.

Traditionella svenska ekipage, med 64 tons bruttovikt och en längd av upp till 24 m, består vanligen av en treaxlig lastbil och en fyraxlig släpvagn. Den senare med en totalvikt upp till 38 ton.

- Tippflak** En lastbil med tippflak är en lastbil som försetts med ett flak som kan tippas bakåt och/eller åt sidan vid lossning av massgods, exempelvis sand och grus. Fordonet används därför vanligen vid massgodstransporter. Kassetflak kan ställas i tippflaket på bilen och därmed tippas.
- Tjänstevikt** Den sammanlagda vikten för ett fordon i driftsdugligt skick, vilket bland annat inkluderar karosseri, reservhjul, bränsle, smörjolja, vatten samt förare benämns tjänstevikt.
- Totalvikt** Summan av fordonets tjänstevikt och vikten av den maximala mängd gods som tillåts för fordonet (se bruttovikt).
- Trippelaxel** Tre hjulaxlar på ett fordon med ett inbördes avstånd mellan första och tredje axeln som är kortare än 5 m (Transportstyrelsen, 2014).
- Trippelaxeltryck** Den sammanlagda statiska vikt som hjulen i en trippelaxelkombination för över till vägbanan (Transportstyrelsen, 2014).
- Växelflak** Ett växelflak är en vanligen standardiserad lastbärare till vägfordon med anpassad längd, bredd, höjd och lastkapacitet. Växelflak är inte tippbara och är därför en lastbärare som sällan används för sådant massgods som lossas genom tippning, till exempel grus, jord och schaktmassor. Ett växelflak består av en ram med påbyggnad anpassad efter önskat behov. Lastbärarens påbyggnad behöver inte utgöras av ett flak utan kan exempelvis utgöras av en skåppåbyggnad. Lastbäraren kan ha stödben vilket underlättar avställning av lastbärare. Ett växelflak har generellt en lägre taravikt än en container och är relativt lasttålig (Bark red, 2002). Växelflaksstandarden består av långa flak (klass A) och korta flak (klass C). Klass A innefattar standardiserade längder på 12,2 m, 12,5 m samt 13,6 m. Klass C innefattar standardiserade längder på 7,15 m, 7,45 samt 7,82 m.

2 Nulägesbeskrivning

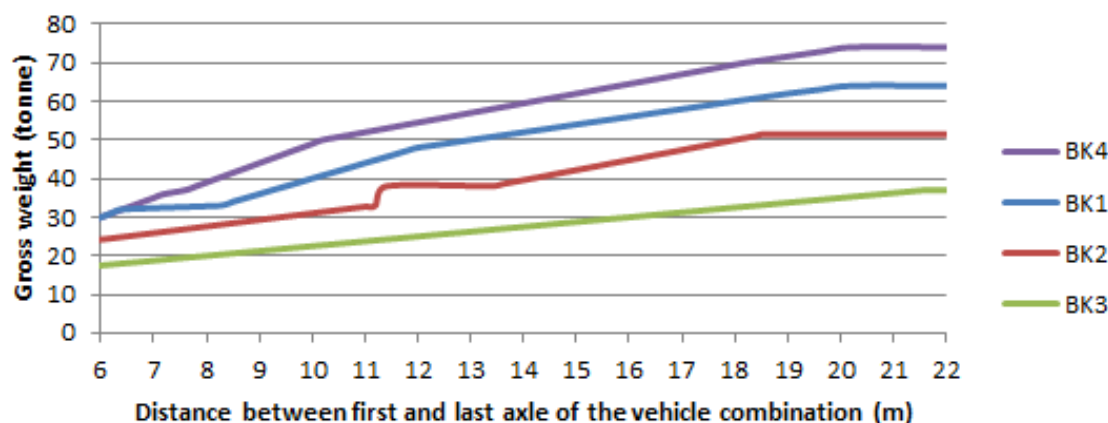
2.1 Regler för vikt och dimensioner

För att begränsa slitaget och risken för skador på de allmänna gatu- och vägnäten finns restriktioner kring fordons bruttovikt och dimensioner. Alla vägar utom enskilda vägar delas in i 4 bärighetsklasser, BK1-BK4. På 95 % av det allmänna vägnätet tillåts BK1-fordon. På gatu- och vägnätet i de stora tätorterna är emellertid andelen betydligt lägre. Om inget annat anges råder BK1 på allmän väg och BK2 på övriga vägar (Transportstyrelsen, 2015). På ett begränsat vägnät införs bärighetsklassen BK4 som möjliggör trafik med lastbilsekipage med upp till 74 tons bruttovikt. Lagen om den nya bärighetsklassen BK4 träder i kraft den 1 juli 2017 vilket väntas innebära att trafiken med 74 tonsekipage kan starta i början av 2018 (Regeringen, 2017).

2.1.1 Allmänna regler

Bruttovikt i förhållande till avståndet mellan första och sista axeln

Maximal tillåten bruttovikt för rådande bärighetsklass baseras på antalet axlar på fordonet eller fordonskombinationen samt avståndet mellan den första och sista axeln (se figur 2.1).



Figur 2.1 Bruttoviktsskurvor enligt bärighetsklasserna BK1-BK4

Bruttovikt för enskilt fordon och släpvagnar

Maximal bruttovikt för en fordonskombination är 64 ton enligt den mest utbredda bärighetsklassen (BK1). För att uppnå denna vikt krävs det att avståndet mellan första och sista axeln i hela fordonskombinationen är minst 20,2 m och att avståndet mellan släpvagnens första och sista axel är minst 7,8 m. Släpet måste ha minst 4 axlar för att klara kraven vilket innebär 18 tons boggi fram och två 10 tons axlar med ett inbördes avstånd på minst 1,8 m bak (vilket sammanlagt blir 38 ton), alternativt 5 axlar med 18 tons boggi fram och trippelaxlar bak. Lastbilen ska ha en tillåten bruttovikt på minst 26 ton.

För enskilt fordon och släpvagnar är den maximalt tillåtna bruttovikten vid BK1 beroende av antalet hjulaxlar (se tabell 2.1). Detta även för 2-axlade fordon vid BK2. I övrigt begränsas vid BK2 och BK3 de tillåtna bruttovikterna av bruttoviktstabellen. För släpvagn eller för en dolly med tillkopplad påhängsvagn med ett minsta avstånd mellan första och sista axel av 6,6 m gäller tillkommande restriktioner för bruttovikterna (se tabell 2.2).

Tabell 2.1 Maximalt tillåten bruttovikt för olika fordon och bärighetsklasser

Motordrivet fordon	Bruttovikt BK1 (ton)	Bruttovikt BK2 (ton)	Bruttovikt BK3 (ton)
2 hjulaxlar	18	18	Enl. bruttoviktstabelle
3 hjulaxlar	25 (26*)	Enl. bruttoviktstabelle	Enl. bruttoviktstabelle
4 eller fler hjulaxlar	31(32*)	Enl. bruttoviktstabelle	Enl. bruttoviktstabelle
Släpvagn med axelavstånd $\geq 7,8$ m	38**	Enl. bruttoviktstabelle	Enl. bruttoviktstabelle

* Om drivaxeln är försedd med dubbelmonterade hjul och luftfjädring eller likvärdig fjädring, eller om drivaxel är försedd med dubbelmonterade hjul och vikten inte överstiger 9,5 ton på varken drivande axlar eller löpaxlar.

** Släpet måste ha minst 4 axlar för att klara kraven på 18 tons boggi fram och två 10 tons axlar bak på ett inbördes avstånd kortare än 1,8 m, alternativt 5 axlar med 18 tons boggi fram och trippelaxel bak.

Tabell 2.2 Maximalt tillåten bruttovikt vid olika avstånd mellan första och sista axel för släpvagn eller dolly med tillkopplad påhängsvagn

Avstånd mellan första och sista axeln (m)			Bruttovikt (ton)
6,60	men inte	6,80	33
6,80	men inte	7,00	34
7,00	men inte	7,20	35
7,20	men inte	7,60	36
7,60	men inte	7,80	37
7,80	eller längre		38

Tillåtet axel-, boggi och trippelaxeltryck

Reglerna för axel-, boggi- och trippelaxeltryck vid olika bärighetsklasser påverkar den maximalt tillåtna bruttovikten för ett fordon eller en fordonskombination (se tabell 2.3).

Tabell 2.3 Tillåtet axel-, boggi- och trippelaxeltryck vid olika bärighetsklasser

	BK4 (ton)	BK1 (ton)	BK2 (ton)	BK3 (ton)
Axeltryck				
Axel som inte är drivande	10	10	10	8
Drivande axel	11,5	11,5	10	8
Boggitryck (2 axlar)				
Generella regler – främst tillämpbara på ej drivande boggi				
Avståndet mellan axlarna är mindre än 1,0 m	11,5	11,5	11,5	11,5
Avståndet mellan axlarna är 1,0 m eller större men inte 1,3 m	16	16	16	12
Avståndet mellan axlarna är 1,3 m eller större men inte 1,8 m	18	18	16	12
Avståndet mellan axlarna är 1,8 m eller större	20	20	16	12
Särskilda bestämmelser för drivande boggi				
Avståndet mellan axlarna är 1,3 m eller större men inte 1,8 m och drivaxeln är försedd med dubbelmonterade hjul och luftfjädring eller likvärdig fjädring, alternativt är drivaxlarna försedda med dubbelmonterade hjul och vikten överstiger inte 9,5 ton på någon av axlarna	19	19	16	12
Trippelaxeltryck (3 axlar)				
Avståndet mellan de yttre axlarna är mindre än 2,6 m	21	21	20	13
Avståndet mellan de yttre axlarna är 2,6 m men inte 4,4 m	24	24	22	13
Avståndet mellan de yttre axlarna är 4,4 m men inte 4,7 m	25	24	22	13
Avståndet mellan de yttre axlarna är 4,7 m eller större	26	24	22	13

Det tillåtna axeltrycket för drivande och icke drivande axlar skiljer sig mellan bärighetsklasserna. Boggitrycket baseras på avståndet mellan axlarna samt i vissa fall om drivaxeln har dubbelmonterade hjul och luftfjädring eller inte. Trippelaxeltrycket baseras på avståndet mellan de yttre axlarna. Den sammanlagda summan av dessa blir fordonets maximalt

tillåtna bruttovikt förutsatt att maximal bruttovikt som bestäms utifrån antal axlar eller avståndet mellan första och sista axel inte överskrids.

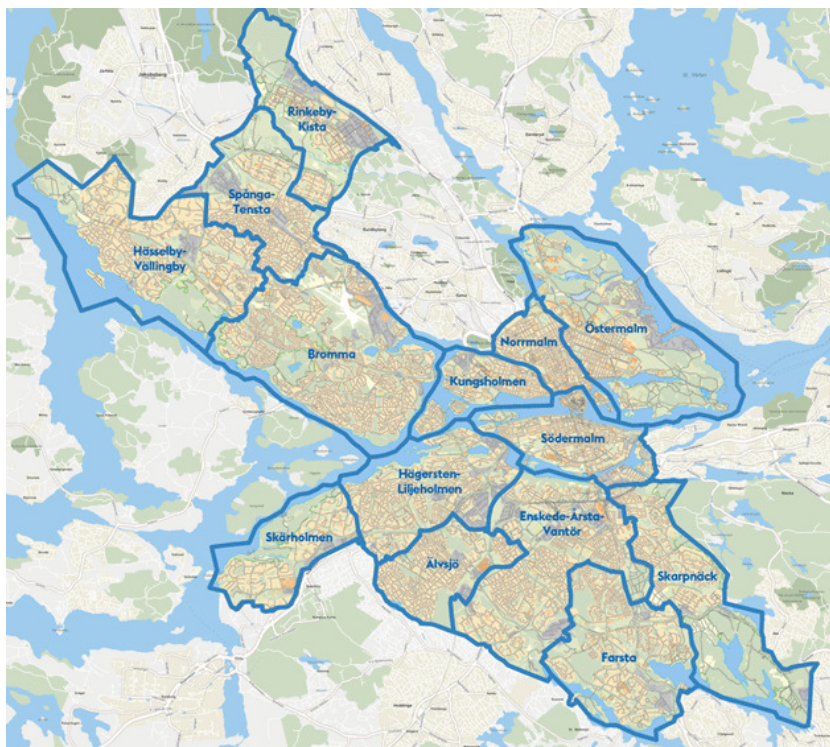
Tillåten fordonslängd

Maximalt tillåten längd för en fordonskombination är 24,0 m. Längden får emellertid uppgå till 25,25 m om särskilda krav, såsom regelverken för modulfordon (EMS), uppfylls (Transportstyrelsen, 2015). Detta inkluderar att varje enskilt motordrivet fordon eller släpvagn (utom påhängsvagn) högst får vara 12,0 m. Fordon kan få dispens från dessa restriktioner av Transportstyrelsen i enskilda fall.

2.1.2 Lokala regler

Följande gäller i allmänhet i Stockholms stad (se figur 2.2):

- *Förbud mot tung trafik nattetid:* Nattetid mellan kl. 22.00 och 06.00 råder förbud mot framförande av lastbil med totalvikt över 3,5 ton. Undantag gäller på särskilda trafikleder samt inom industriområden och avlastningsterminaler. Undantag gäller även transporter till och från bensinstationer, panncentraler och industribyggnader samt fordon för renhållning, postbefordran med mera. Mellan kl. 22.00 och 06.00 får heller inte motorfordon med totalvikt över 3,5 ton parkeras på väg inom Stockholms kommun om inget annat anges.



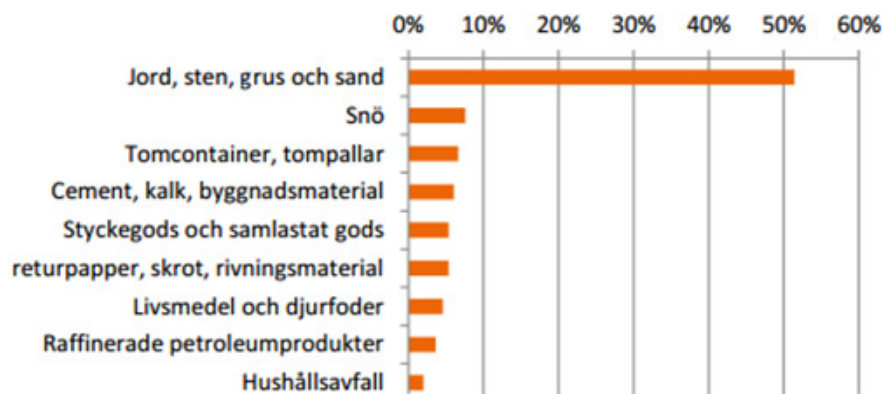
Figur 2.2 Karta över Stockholms stad (Stockholms stad, 2017)

I angränsande kommuner till Stockholm råder olika regler kring fordons längder och vikter. I de flesta kommuner upplåtes vissa eller alla vägar för BK1, med undantag för Sundbybergs kommun där inga gator och vägar är upplåtna för BK1 bortsett från E18 (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2017).

2.2 Massgodstransporter i städer och tätorter

Transporter av jord, grus, sten och sand utgör den största andelen gods som transporters med tunga lastbilar i Sverige. Dessa material lastas till största del i storstadslänen och transporterna sker på avstånd som inte överstiger 60 km. Den genomsnittliga godsmängden för jord, grus, sten och sand var 18 ton per transport år 2010 (Trafikanalys, 2012b).

Jord, sten, grus och sand stod för 50 % av den totala godsmängden i ton som transporterades i Stockholms län under 2010 (se figur 2.3). Cement och byggnadsmaterial stod samtidigt för 6 %. I Västra Götalands län stod jord, sten, sand och grus för 32 % av den totalt transporterade godsmängden i ton som transporterades i länet under 2010 (Trafikanalys, 2012b).



Figur 2.3 Godstransporter med svenska lastbilar, lastade och lossade inom Stockholms län 2010 (Trafikanalys, 2012b)

2.2.1 Allmänt

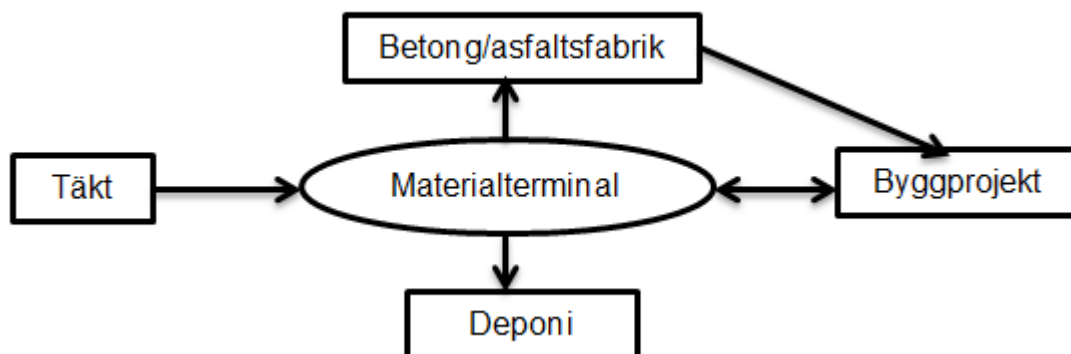
Det logistiska flödet vid massgodshantering delas grovt upp i lastning, transport och lossning. Vid lastning överförs materialet från lastningsplatsen till fordonet/lastbäraren vanligen med hjälp av en grävmaskin, band- eller hjullastare. Transport av massgods från lastningsplats till lossningsplats sker ofta på allmän väg och då främst med lastbilar. Lossning sker vanligen genom att ett lastflak eller en lastkorg tippas. Alternativt kan lossningen utföras manuellt eller maskinellt (TFK, 1979).

Svenska Bergmaterialindustrin (SBMI) delar in massgodsflöden i tre kategorier (SBMI, 2004):

- Fasta anläggningar/fabriker med kontinuerliga och täta leveranser av massgods. Detta gäller anläggningar som använder massgods i tillverkningsprocessen, främst betongfabriker och asfaltverk. Begränsade lagringsutrymmen gör att leveranserna blir täta och med små volymer. Om anläggningens behov är stort och rådande regelverk tillåter detta kan stora fordon användas.
- Oregelbundna leveranser till olika adresser, exempelvis till mindre byggprojekt. Ofta gäller det mindre leveranser till flera olika destinationer med mindre fordon. En fördel är om terminaler för mellanlagring av materialet kan användas där större fordon kan transportera material från täkter till terminalerna.
- Leveranser samt återvinning vid stora byggprojekt som sträcker sig över en längre tid. Oftast upprättas tillfälliga terminaler.

2.2.2 Materialanläggningar

Flödet av material går från täkter till materialterminaler och vidare till byggprojekt eller används till betong- eller asfaltstillverkning. Från byggprojekt går material såsom schakt- och rivningsmassor tillbaka till materialterminalerna där det behandlas och återvinns eller går vidare till deponier (se figur 2.4).



Figur 2.4 Materialflöden

Tägt

Stockholms län är indelat i 5 olika materialförsörjningsområden; Nordvästra, Nordöstra, Sydvästra, Sydöstra samt Nynäshamns försörjningsområde. Transport och avsättning av material ska i huvudsak ske inom varje enskilt område. Transporterna mellan områdena ska endast ske i begränsad omfattning. Gränserna för försörjningsområdena baseras på lokalisering av berg- och grustäkter samt vägnät. Vid ändringar i vägnätet samt ändring av aktiva täkter ändras även försörjningsområdenas gränser. Stockholmsregionen har som mål att minska användningen av grus- och bergmassor genom hushållning och återvinning av material. Materialanläggningar såsom exempelvis täkter ska placeras så att transportavstånden minimeras samt fördelas över de olika försörjningsområdena (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003).

Täkterna placeras dock allt längre bort från de centrala delarna av Stockholm vilket leder till att massgodstransporterna ökar. 2015 fanns i Stockholms län 32 täkter. Under 2015 bröts vidare 11,5 miljoner ton berg, naturgrus och morän varav 9,5 miljoner ton berg, naturgrus och morän levererades till olika användningsområden. Mängden levererade massor har ökat de senaste åren (SGU, 2016).

Materialterminal

En materialterminal är en yta där jord- och bergmaterial behandlas eller hanteras, exempelvis krossas, mellanlagras och sorteras. Materialterminalerna kan vara antingen tillfälliga eller permanenta. Stora terminaler ligger ofta i anslutning till en tägt (Morén, 2015). Material kan även transporteras direkt från tägt till byggprojekt eller betong- och asfaltsfabriker samt från byggprojekt till deponi.

Betong- och asfaltsfabriker

Vid betong- och asfaltsfabriker tillverkas betong och asfalt. Det finns även mobila betongfabriker som blandar betongen på plats. Uppriven betong och asfalt kan användas för nytillverkning. Betong består främst av sand, grus och sten. Asfaltsfabriker, även kallade asfaltsverk, finns både som fasta och mobila anläggningar. Asfalt består av krossat stenmaterial som hålls ihop med bitumen.

Deponi och återvinning

Så mycket material som möjligt ska återanvändas. En deponiavgift måste betalas för det material som kommer in till deponin. De flesta deponier har även återvinning.

2.2.3 Fordon för massgodstransporter

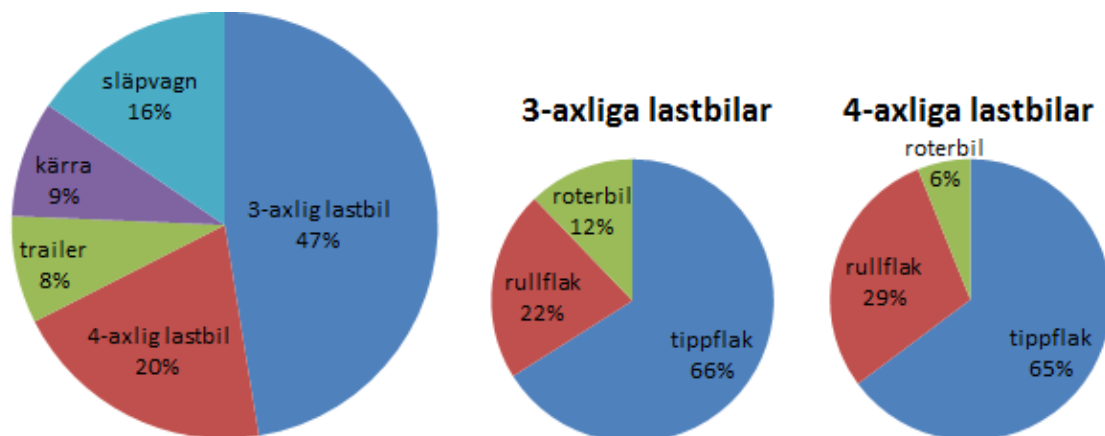
Massgodsflödena i Stockholmsområdet kartlades under 2015 med hjälp av en enkätundersökning. Enkäten sändes till Sveriges Åkeriföretags medlemmar i ABC-åkarnas Norr- och Södergrupp som består av totalt 17 åkerier (Treiber et al, 2016). ABC-området (Stockholm och Uppsala) stod år 2009 för nästan 20 % av den totala mängden levererad ballast (naturgrus,

morän och krossberg) i Sverige angivet i viktenheter (ton). Totalt uppgick den levererade mängden ballast i ABC-området till 15,7 miljoner ton år 2009 (Nylén, 2012).

Enkäten besvarades av 12 åkerier vilka tillsammans svarar för 80 % av omsättningen inom Norr- och Södergruppen (Heierson, 2015). Dessa åkerier omfattar sammantaget 2 036 egna och inlejda last- och dragbilar samt efterfordon. Av detta uppgick antalet last- och dragbilar till 1 375 enheter.

Den genomsnittliga tidsåtgången för massgodstransport ligger enligt enkätundersökningen i tidsintervallet 20-120 min. Avståndet för transportererna är mellan 16 km och 45 km. Vanligtvis sker transportererna från en materialanläggning till en byggarbetsplats och sedan tillbaka till materialanläggning för transport av mer material eller uttransport av exempelvis schaktmassor från byggarbetsplatsen till lämplig anläggning såsom tipp, återvinningsanläggning eller deponi.

Den vanligaste fordonstypen bland de åkerier som besvarat enkäten är 3-axlig lastbil med tippflak samt med 25 - 26 tons bruttovikt vid BK1 och med en lastvikt på mellan 12 och 14 ton. För 4-axliga lastbilar är det vanligast med 32 tons bruttovikt och 17 tons lastvikt vid BK1 (se figur 2.5).



Figur 2.5 Sammanställning av enkätsvar avseende fördelning mellan olika fordonstyper

Med vanliga grusbilar med tippflak är det inte möjligt att rangera om utan det är endast möjligt att tippa av lasten och/eller komplettera lasten med mer massor. Om kassetflak eller lastväxlarflak istället används är det möjligt att rangera om lastbärarna mellan bilar och efterfordon. I ett sådant scenario kan enhetslaster vara av intresse. Med rangering undviks även bullriga och dammiga omlastningar. För omlastning behövs två olika fordon. Ett som används där det råder begränsningar i fordonens längd och vikt och ett som används utanför området med begränsningar (Johansson, 2017).

2.2.4 Lastning och lossning

Vid lastning används främst hjullastare och grävmaskiner. Tidsåtgången vid lastning av bergkross samt grus-, jord- och sandprodukter uppgår vanligen till 0,2-0,5 min/ton. För lastning av betong och asfalt/beläggning uppges tidsåtgången ligga kring 0,3 min/ton (Treiber et al, 2016).

Lossning sker generellt snabbare än lastning när det gäller bergkross samt grus, jord och sand. För lossning av betong och asfalt/beläggning är tidsåtgången per massenhet (ton) högre än vid lastning, ungefär 1 min/ton. Lossning sker främst genom tippning av flaket, men även maskinell och manuell lossning från lastflak via ränna förekommer. Valet av lossningsmetod, bortsett från typ av material, styrs främst av arbetsplatsens utformning och läge, fordonets utformning samt olika kundkrav (Treiber et al, 2016).

Rangering

Överflyttning av lastbärare mellan olika fordon och efterfordon samt överflyttning till eller från mark kan göras om lastbärarna inte är fastmonterade på fordonen. Nedan redogörs för hur överflyttning av lastbärare kan gå till för lastbärartyperna kassettflak respektive rullflak.

Kassettflak

Vid användning av kassettflak kan släpets flak placeras i flaket på bilen vilket gör att byte av flak underlättas och transporter för avställning av flak kan undvikas (se figur 2.6). Kassettflak kan dock inte användas för alla typer av material. Ett exempel är krossat berg eftersom detta sliter för mycket på flaken.

Ett möjligt scenario för rangering innan infart till område där det råder maximalt 12 m fordonslängd är att en lastbil med kassettflak och släp kopplar ifrån släpet och sedan åker in med kassettflaket från släpet till arbetsplatsen där flaket lastas. På bilen finns nu två flak vilket begränsar lastvikten och innebär att lastvikten för flaket från släpet reduceras med vikten på ett kassettflak vilket motsvarar ca 2,5 ton. Lastbilen körs sedan till rangeringsplatsen där kassettflaket skjuts över på släpet. Lastbilen återvänder sedan till arbetsplatsen där flaket på bilen lastas varefter den återigen körs till rangeringsplatsen och kopplar på släpet för transport utanför området med begränsad fordonslängd.



Figur 2.6 Kassettflak som flyttas mellan släpvagn och bil (TFK)

Rullflak

Ett alternativ till kassettflak är lastbärare av typen rullflak. Ett rullflak har en rullförsedd lastbärarram i bakändan och är anpassad för lastväxlare av typen krokliift (se figur 2.7).

Ett ekipage med 3 rullflak, ett på bilen och två på släpet har vanligen en längd av 24 m. Vid användning av rullflak ställs ett av två eller tre flak på marken medan ett annat flak tas på bilen och lastas vid arbetsplatsen. Efter att detta flak har lastats körs bilen till omlastningsplatsen där det lastade flaket ställs på släpet och ett tomt flak dras upp på bilen som återvänder till arbetsplatsen och fyller detta flak. Detta kan upprepas ytterligare en gång om 3 flak skall fyllas.



Figur 2.7 Lastväxlare med krokliift (Treiber)

Buller och damm

Buller och damm kan uppstå vid omlastning och rangering. För buller bör Naturvårdsverkets allmänna råd (2004:15) avseende buller från byggplatser följas. Generellt gäller 60 dBA (A-vägd ljudnivå, används vid normala ljudnivåer) dagtid och 50 dBA nattetid utomhus (vid fasad), men

de tillåtna värdena skiljer sig mellan typ av byggnad/område. För verksamhet med begränsad varaktighet på högst två månader kan värdena tillåtas vara 5 dBA högre. Vid enstaka kortvariga händelser, högst 5 min/h bör upp till 10 dBA högre nivåer kunna accepteras (Naturvårdsverket, 2004).

Tillåten ljudnivå från en lastbil är 76-80 dBA beroende på fordonets totalvikt (Transportstyrelsen, 2017). Lastning och tippning av bergmassor ger upphov till en ljudeffekt på 112 dBA (Sundgren, 2012). En dumper Volvo CE A25F har en ljudeffektnivå L_{WA} på 108 dBA och en hjullastare Volvo CE L70G har en ljudeffektnivå L_{WA} på 105 dBA (Wigholm et al, 2013).

Vid mätningar av förflyttning av avfallscontainer har det uppmätts ljudnivåer på 88 dBA vid ett avstånd på 25 m från bullerkällan. Vid ett avstånd på 200 m beräknas ljudnivån vara 70 dBA och vid 400 m 64 dBA (Kjellkvist, 2013).

Den ekvivalenta ljudnivån minskar med ca 3 dB för varje fördubbling av avståndet och den maximala ljudnivån från enskild bullerkälla avtar 6 dB för varje fördubbling av avståndet (Vägverket, 2004).

För att minska bullerstörningarna kan olika åtgärder vidtagas. Exempelvis kan lastning och lossning ske i tunnel eller i en inbyggnad. Med bullerskyddsvallar eller bullerskärmar kan bullret dämpas med ca 10 dB för ett tätt 2 m högt bullerplank (Vägverket, 2004). Gummimattor i lastbilsflak dämpar buller med ca 10 dBA och även skopor kan förses med gummimattor (Wigholm et al, 2013). Tystare maskiner och tippning från låg höjd är andra alternativ för att minska bullret.

För att minska uppkomsten av damm kan snökanoner, dimkanoner eller sprinklers användas. Alternativt kan saltning eller övertäckning ske. Asfaltsbelagda vägar och ytor minskar också uppkomsten av damm.

2.3 Konsolideringscenter/bygglogistikcentrum

En metod för att öka effektiviteten och minska energiförbrukningen för massgodstransporter är att anlägga konsolideringscenter eller logistikcenter. Detta har testats på flera platser, men har främst tillämpats som logistikcentrum för styckegods och byggmaterial och inte för anläggningsmassor. Bygglogistikcentret vid Norra Djurgårdsstaden hanterar dock även krossmaterial och jord. Logistikcenter har upprättats på platser där det råder stor trängsel samt risk för störning av boende. Principen med logistikcenter är därför även av intresse för de massgodstransporter som utförs i större städer.

London Construction Consolidation Centre

En demonstration med ett konsolideringscenter i South Bermondsey i södra London genomfördes under två år med start 2005. Konsolideringscentret användes för material till 4 stora byggarbetsplatser i London. Konsolideringscentret hanterade byggmaterial i olika former, men inga massor såsom grus, sten och schaktmassor. Syftet med demonstrationen var att reducera antalet fordonsrörelser till byggarbetsplatserna och därmed reducera trängseln och utsläpp av emissioner (Transport for London, 2008).

Under demonstrationen framkom det att antalet fordonsrörelser till byggarbetsplatserna kunde reduceras med 60-70 % för det material som leverades via konsolideringscentret. För allt material som levererades kunde antalet fordonsrörelser reduceras med ca 40 % till den byggarbetsplats som hade lägst antal direktleveranser. Totalt uppskattas utsläppen av koldioxid ha minskat med 70-80 % till följd av ett reducerat antal fordonsrörelser. Under demonstrationen kunde även tidsbesparingar identifieras. I genomsnitt kunde tidsåtgången för en leverans minskas med 2 timmar inklusive lastnings- och lossningstid genom att fordonen inte behövde köra in i centrala London (Transport for London, 2008).

Bygglogistikcenter Norra Djurgårdsstaden

Vid bygglogistikcentret vid Norra Djurgårdsstaden, som har varit i drift sedan april 2013, korttidslagras och samlas byggmaterial samtidigt som avfall tas med från byggarbetsplatserna. Även massor, i form av krossmaterial och jord, tas omhand och återanvänds. Logistikcentret tillhandahåller även leveransstyrning och trafiklots. Aktörerna förbinder sig genom exploateringsavtalet att ansluta sig till logistikcentret (Stockholms stad, 2013).

Genom samlastning har bygglogistikcentret reducerat antalet mindre transporter, det vill säga gods som utgör en volym på mindre än 6 m³ eller 6 EUR-pallar, med 40-60 %. Målet är att reducera det totala antalet transporter till arbetsplatserna med 20-30 % (Bergman, 2016). Hittills ligger reduktionen av det totala antalet transporter per månad på mellan 2 % och 17 % (Bygglogistikcenter Norra Djurgårdsstaden, 2016).

Logistikcenter Hammarby Sjöstad

Logistikcentret i Hammarby Sjöstad driftsattes våren 2001, demonterades 2004 och återuppbyggdes i slutet av 2005 för nästa produktionstopp. Hela byggnationen var klar 2012. Under den första perioden reducerades koldioxidutsläppen med 90 % (Ottosson, 2005).

Två logistikcenter vid Hammarby Sjöstad; en för att hantera byggmaterial under byggtiden och en för gods till boende, företag och skolor. Logistikcentret för byggmaterial var lokaliserat vid ingången till arbetsplatsen. Leveranser mindre än 4 pallar levererades till logistikcentret, samlades och kördes ut i mindre fordon. Logistikcentret erbjöd även korttidslagring (Beittoi, 2012).

Logistikcentret skötte även avfallshantering. Det var frivilligt att ansluta sig till logistikcentret i Hammarby Sjöstad vilket kan jämföras med logistikcentret i Norra Djurgårdsstaden där det är obligatoriskt att ansluta sig (Stockholms stad, 2013).

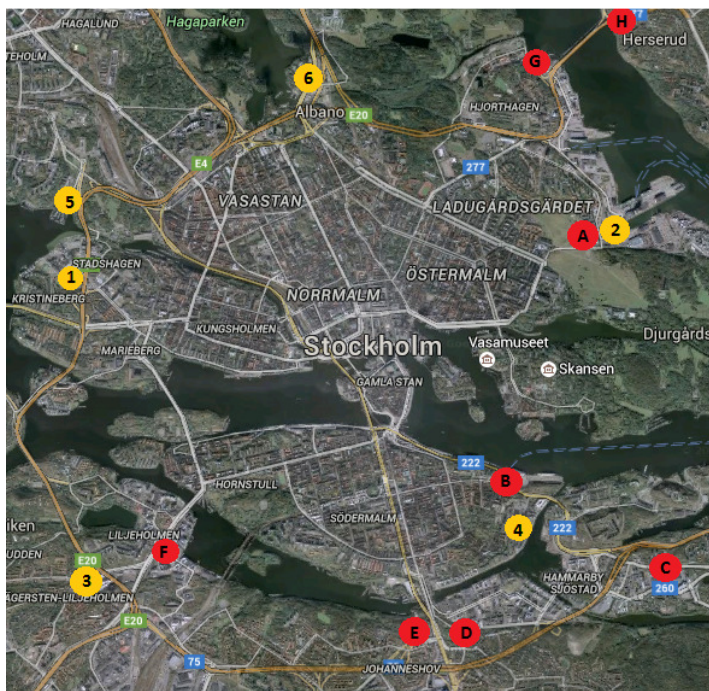
3 Ansatser infrastrukturlösningar

3.1 Rangerings- och omlastningsplatser

För effektiva massgodstransporter krävs det att fordonens lastförmåga utnyttjas optimalt. I innerstaden och andra områden där det råder begränsningar av bruttovikten till BK2 och av fordonslängden till maximalt 12 m kan endast singelbilar utan en fullt utnyttjad lastkapacitet användas. Genom omlastning och/eller tillkoppling av efterfordon till singelbilar kan dessa fordon utnyttjas optimalt enligt BK1 även då fordonen eller de skapade fordonskombinationerna har lämnat områden med restriktioner enligt BK2 och med en maximal fordonslängd på 12 m. För att möjliggöra detta krävs särskilda områden eller ytor för uppställning av efterfordon och lastbärare där omlastning av massorna kan ske samt där efterfordon kan kopplas på och av. Detta möjliggör att ett singelfordon anpassat för BK2 kan sköta transporterna mellan rangeringsplatserna och arbetsplatserna i innerstaden medan fordon och fordonskombinationer anpassade för BK1 kan utföra transporter utanför innerstaden.

3.1.1 Resultat från tidigare studier

Stockholms stads Trafikkontor utförde 2015 en utredning av uppställningsplatser för lastbilar i Stockholm (Goodall et al, 2015). I den tidigare studien *Energieffektiva transporter av massgods i stora tätortsområden och storstäder* har även andra intressanta ytor identifierats. Nedan visas de föreslagna platserna för tillfälliga eller permanenta rangerings- och/eller omlastningsplatser (se figur 3.1).



Figur 3.1 Stockholms stads Trafikkontors förslag på möjliga uppställningsplatser vid bussdepåer och mikroplatser markerat i gult. Möjliga rangeringsplatser som har använts, planeras att användas eller används idag som etableringsytor för byggmassor och fordon markerat i rött

Platser markerat i gult är förslag från Stockholms stads studie (Goodall et al, 2015):

1. Hornsbergs bussdepå
2. Frihamnen
3. Nyboda buss- och tunnelbanedepå

4. Söderhallen bussdepå (flyttas 2017 till Fredriksdal intill Fortums fjärrvärmeverk i södra Hammarbyhamnen)
5. Pampas Marina, Solna
6. Kräftriket i Norra Djurgården

Platserna markerat i rött är förslag från tidigare studie (Treiber et al, 2016):

- A. Ladugårdsgärdet (tänkt etableringsyta för spårväg City)
- B. Londonviadukten, parkering vid Stadsgårdsleden
- C. Parkering vid Sickla mot Värmdövägen
- D. Mårtensdal, Gullmarsplan (idag parkering, men tänkt etableringsyta för byggprojekt i området)
- E. Sundstabacken, Gullmarsplan
- F. Liljeholmen (Stockholm Vatten AB har planerat en etableringsyta på Axelbergs bollplan för byggnation av en ny avloppsledning)
- G. Parkering vid Ropsten (förslag som etableringsplats för byggnation av en ny Lidingöbro)
- H. Grönområde mellan Södra Kungsvägen och Lidingöbanan (idag etableringsyta för SLs arbete med Lidingöbanan)

3.1.2 Behov och önskemål

Viktiga faktorer för utformning av uppställningsplatser enligt Sveriges Åkeriföretag där de 4 första punkterna är viktigast (Goodall et al, 2015):

- Ska klara av fordon på upp till 32 m och minst 60 ton bruttovikt (normalstandard)
- Valfungerande in- och utfart även vid dåligt väglag
- Geografiskt nära stora leder och/eller lastbilscentraler (LBC)
- Rätt geografisk placering i förhållande till kör- och vilotider
- Tillgång till faciliteter såsom toalett
- Möjlighet att parkera gratis
- God belysning
- Inhägnade
- Tillgängliga mellan kl. 05:00 och 18:00

Flera av de krav som ställs på uppställningsplatser kan även appliceras på rangerings- och omlastningsplatser. Platserna bör klara av fordon på upp till 32 m och 74 ton (för att vara förberedd för den nya bärighetsklassen BK4). Det ska vara valfungerande in- och utfarter, gärna med möjlighet till genomfart. Platserna ska vara lokaliserade så att de går att nå från vägar klassade till BK1, men att de är i nära anslutning till områden med begränsningar i fordonslängder och fordonsvikter. God belysning är också önskvärt.

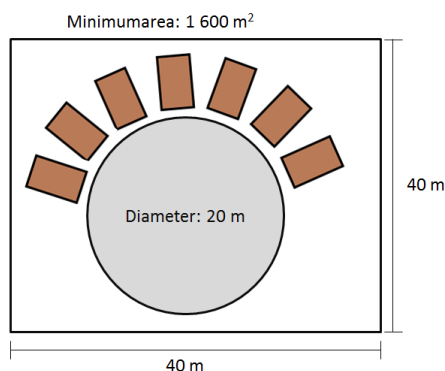
Under workshopen (se bilaga 1) kom det upp önskemål om att enkelt kunna boka tid för plats vid en rangerings- och/eller omlastningsplats samt att det ska vara enkelt att se var det finns lediga platser. Det krävs dock troligtvis en lagändring för att möjliggöra för kommuner att boka upp och ta betalt för rangerings- och omlastningsplatser. Det är även önskvärt att det ställs krav i upphandlingar att det ska finnas logistiklösningar som möjliggör effektiva transporter, exempelvis att det finns ytor för rangering och omlastning. I dagsläget är det svårt att hitta lediga ytor för etablering av rangerings- och omlastningsplatser.

Ett annat önskemål som diskuterades under workshopen var att anlägga rangerings- och omlastningsplatser tillsammans med materialhanteringsområden. Detta för att kunna återvinna material så nära de potentiella användarna som möjligt och på så sätt undvika en del av

transporterna till och från täkter. Under workshopen var deltagarna eniga om att ett behov av rangerings- och omlastningsplatser finns samt att det troligtvis även finns en betalningsvilja för en sådan tjänst.

Vändradier

Det finns inga specifika krav på hur stora ytorna måste vara för lasthantering och rangering, men arbetsmiljölagen kräver att hanteringen ska kunna ske på ett säkert sätt (Åkehag, 2017). Om det inte är möjligt att köra genom omlastnings- eller rangeringsplatsen krävs en tillräckligt stor yta för att fordon och maskiner ska kunna vända. En hjullastare kräver en svängradie på ca 6,5 m (från skopans främre hörn) (CASE CE, 2016). Ytan ska vara jämn och ha en fri höjd på minst 4,5 m, gärna mer för att möjliggöra tippning av lastbärare. För att de flesta fordonskombinationer ska kunna vända krävs en diameter på mellan 15-20 m. Det behövs dessutom plats för uppställning av lastbärare vilket exempelvis kan göras likt en solfjäder runt platsen (se figur 3.2). Med en sådan lösning kan dock endast ett fordon åt gången rangeras (Rosgardt, 2017).



Figur 3.2 Exempel på rangeringsplats

För rangering av efterfordon och lastbärare behövs ca 50 m i längd per ekipage. Om både omlastning och rangering ska samsas på samma yta är en yta på ca 2 000 m² önskvärt (Gustavson, 2017). Omlastnings- och rangeringsplatserna bör dessutom vara lokaliserade så att eventuellt buller och damm från rangering och omlastning inte stör kringboende.

3.1.3 Ansats utformning och lokalisering

Utformning

Beroende på de ytor som är tillgängliga kan rangerings- och omlastningsplatser utformas som:

- *Permanent platser:* Permanent platser lokaliserade nära populära infartsleder med god kapacitet till rangering och omlastning dygnet runt.
- *Dynamiska platser:* Ytorna används dagtid till omlastning och rangering och på kvällar och nätter till parkering av främst personbilar. Om ytorna används för rangering även nattetid kan lastbärare och massor transporteras till rangerings- och omlastningsplatsen, ställas av nattetid och sedan köras in till staden dagtid.
- *Tillfälliga platser:* Upprättas när behov uppstår, exempelvis vid stora byggen som löper under längre tidsperioder. Detta kan ske på parkeringar eller i parkområden som sedan återställs. Ytorna kan även vara en del i samhällsberedskapen och användas av räddningstjänst och vintertid för dumpning av snö.
- *Mikroplatser:* Ytor som idag inte har någon specifik användning, men där det idag är förbjudet att parkera eller ställa upp släp och andra efterfordon. Dessa kan göras både dynamiska, tillfälliga eller som permanenta platser.

Ytorna bör antingen möjliggöra genomfart eller vara tillräckligt stora för att fordon med efterfordon enkelt och säkert ska kunna vända. Möjlighet till genomfart är dock att föredra. Om omlastning och rangering sker på samma yta ska ytan vara tillräckligt stor för att maskiner och fordon kan framföras på ett säkert sätt samt att det finns möjlighet att omlasta lika typer av material utan att dessa beblandas eller på annat sätt kontamineras.

Lokalisering

Rangerings- och omlastningsplatser bör lämpligen lokaliseras:

- Nära infartsleder
- De måste kunna nås från väg med bärighetsklass 1 och där full fordonslängd är tillåten
- Nära de områden där restriktioner föreligger gällande fordons vikt och längd.
- På tillräckligt avstånd från bostäder m.m. för att kunna uppfylla bullerkrav. Ett riktvärde kan vara att avståndet måste uppgå till minst 200 m om bullerplank används, annars måste avståndet vara minst 800 m till bostad (Kjellkvist, 2013). Avståndet beror dock till stor del på vilken verksamhet som förekommer och vilka bullernivåer som uppkommer.
- Lokaliseringar där fordonen måste passera förskolor och skolor skall undvikas.

Kapacitet

Den totala godsmängden inom Stockholms län uppgick till 29 miljoner ton år 2010. Drygt 50 % av den godsmängd (i ton) som transporterades inom Stockholms län utgjordes av jord, sten, grus och sand (Trafikanalys, 2012a). Detta innebär att mängden av jord, sten, grus och sand uppgick till ca 14,5 miljoner ton. Fördelat på årets arbetsdagar blir detta 64 000 ton massgods som transporteras inom Stockholms län per dag.

Den genomsnittliga godsmängden per transport, eller körning, av jord, grus, sten och sand uppgår till ca 18 ton. Godsmängden per transport är dock mindre vid korta transportavstånd och större vid längre transportavstånd (Trafikanalys, 2012a). Med en genomsnittlig godsmängd på 18 ton utförs 3 555 transporter per dag av massgods inom Stockholms län.

Åkerier i Stockholms län som utför massgodstransporter upplever att ca 10-30 % av transportererna utförs med en begränsad lastförmåga på grund av BK2 (Treiber et al, 2016). Detta medför att mellan 350 och 1 070 transporter dagligen begränsas av BK2. Om varje ekipage eller fordon antas utföra tre vändor per dag berörs mellan 120 och 360 fordon/ekipage per dag. Det är dessa fordon och ekipage som antas komma att utnyttja omlastnings- och rangeringsplatserna.

Rangerings- och omlastningsplatserna kommer inte att utnyttjas för alla transporter. Det är svårt att uppskatta hur stort behovet av dessa platser kommer att vara. Det är dock troligt att behovet kommer att variera med antalet och typen av arbeten i staden.

3.2 Noder och stråk

För att ytterligare effektivisera transportererna kan noder, vilka består av rangerings- och/eller omlastningsplatser, knytas samman med de stråk som tillåter längre och/eller tyngre fordon och fordonskombinationer. Detta för att minimera sträckan som fordonen kör med begränsad kapacitet. Där det är möjligt bör även gator och vägar klassas upp/förstärkas till BK1.

4 Fallstudier

En väsentlig del i denna studie har varit att genomföra fältmässiga kartläggningar i form av fallstudier. Detta har innefattat medåkning och datainsamling avseende följande typer av massgods för bygg- och anläggningsverksamhet:

- Berg- och schaktmassor: Slussen – Högbytorp, Bro
- Betong: Farsta – Regeringsgatan, Stockholm
- Asfalt: Arlanda – Klarastrandsleden, Stockholm

För dessa transportuppdrag som grund har sedan analyser genomförts för att undersöka hur olika infrastrukturförändringar påverkar transporternas effektivitet.

4.1 Genomförda fallstudier

4.1.1 Berg- och schaktmassor – Slussen

Data för transport av berg- och schaktmassor från Slussen till avfallsanläggningen Högbytorp visas i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Data för transport av berg- och schaktmassor från Slussen till avfallsanläggningen Högbytorp

Material:	Förorenade massor; asfalt och kross
Mängd material:	10 ton
Transportavstånd (tor):	96 km
Fordon och lastbärare:	3-axlad boggibil med tippflak
Tidsåtgång transport (tor):	110 min
Restriktioner:	BK2 och 12 m
Uppskattad energiförbrukning:	2,75 l/ton last (29 ml/tonkm)
Uppskattad transportkostnad:	165 kr/ton last (1,7 kr/tonkm)

Ett studiebesök vid det bygg- och anläggningsprojekt som pågår vid Slussen genomfördes den 22 mars 2017. Detta innefattade en medåkning med transport mellan Slussen och avfallsanläggningen Högbytorp.

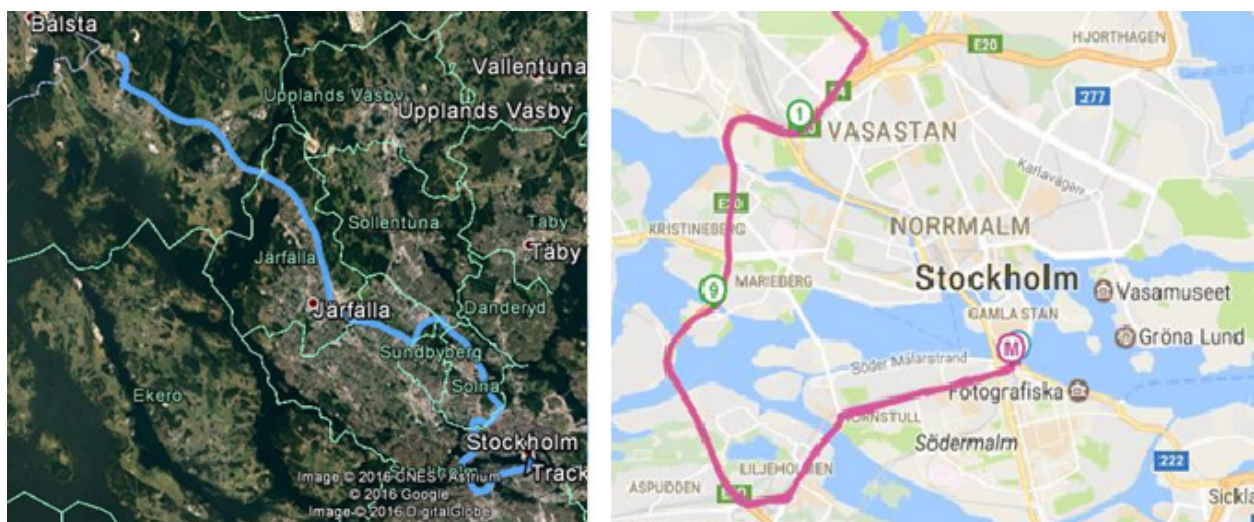
Bellmans transporterar berg, schaktmassor (förorenat samt renat) och krossmaterial från Slussen. Det kortaste köravståndet är vid transporter inom området och det längsta köravståndet är vid transporter till Ragnsells avfallsanläggning Högbytorp i Bro (ca 40 km). Bergmaterial sänds till krossar i närheten, exempelvis Årstakrossen eller Eriksberg. Större stenblock (skut) går till Eriksberg. Tidsåtgången per transport är mellan 10 min och 2,5 timmar. Ingen omlastning eller rangering under transporten sker i dagsläget.

Totalt ska ca 500 000 m³ material transporteras bort från Slussen. Transporter sker med lastbil med öppna flak. På Stadsgårdsleden har bärighetsklassen höjts inför ombyggnationen av Slussen och det råder därför BK1 hela vägen fram till arbetsplatsen längs kajen. Vid arbetsplatsen som ligger på före detta Södermalmstorg vid Hornsgatan råder BK2 och 12 m (se figur 4.1). Transporter sker främst med 3-axlade boggibilar, även där det råder BK1 eftersom det är trångt på arbetsplatsen. Det förekommer dock transporter med ekipage med släp från arbetsplatsen vid Stadsgårdsleden samt transporter med 4-axlade tridembilar (bilar med trippelaxel). Lastvikterna per transport varierar mellan 10 och 35 ton.



Figur 4.1 Tungakartan med restriktioner för tung trafik i Stockholm. Arbetsplatserna vid Stadsgårdsleden och Södermalmstorg är utmarkerade.

Den studerade transporten innefattade förenade massor från Slussen-projektets arbetsplats vid Södermalmstorg till Högbytorp i Bro (se figur 4.2). Denna transport utfördes med en 3-axlad boggibil med tippflak. Lastvikten var 10 ton och transporten startade på Hornsgatan där det råder BK2 och 12 m. Transportsträckan tur och retur var 96 km och tog 110 min inklusive lastning vid Slussen (5 min) och tippning vid Högbytorp (30 s). Transporten utfördes mellan kl. 9.40 och 11.30 vilket medförde att trafiken flöt på bra. Vid andra tider på dygnet tar transporten vanligen längre tid.



Figur 4.2 Transportrutt mellan Slussen, arbetsplats Södermalmstorg, och Högbytorp i Bro.

4.1.2 Betong – Regeringsgatan

Data för betongtransport från betongfabriken i Farsta till Regeringsgatan i centrala Stockholm visas i tabell 4.2.

Tabell 4.2 Data för betongtransport från betongfabriken i Farsta till Regeringsgatan i centrala Stockholm

Material:	Betong (SK11)
Mängd material:	2,5 m ³ (ca 6 ton)
Transportavstånd (tor):	25 km
Fordon och lastbärare:	3-axlad roterbil
Tidsåtgång transport (tor)	66 min
Restriktioner:	BK2 och 12 m
Uppskattad energiförbrukning:	1,1 l/ton last (2,8 l/m ³) eller 46 ml/tonkm
Uppskattad transportkostnad:	150 kr/ton

En fallstudie som innefattade medåkning med en betongtransport från Skanskas betongfabrik i Farsta till Regeringsgatan i centrala Stockholm genomfördes den 28 mars 2017 (se figur 4.3).



Figur 4.3 3-axlad roterbil vid arbetsplatsen vid Regeringsgatan i Stockholm (TFK)

Skanska har flera betongfabriker i Stockholmsområdet och valet av vilken fabrik som skall leverera betong till en byggarbetsplats bestäms främst utifrån avståndet mellan betongfabrik och arbetsplats. Transporterna utförs av olika underentreprenörer med hjälp av 3- eller 4-axliga roterbilar. Vid BK2 har en 3-axlad roterbil en lastkapacitet på ca 5 m³ betong. Vid BK1 har en 3-axlig roterbil en kapacitet på ca 6 m³ betong medan en 4-axlig roterbil har en kapacitet vid BK1 på ca 7,5 m³.

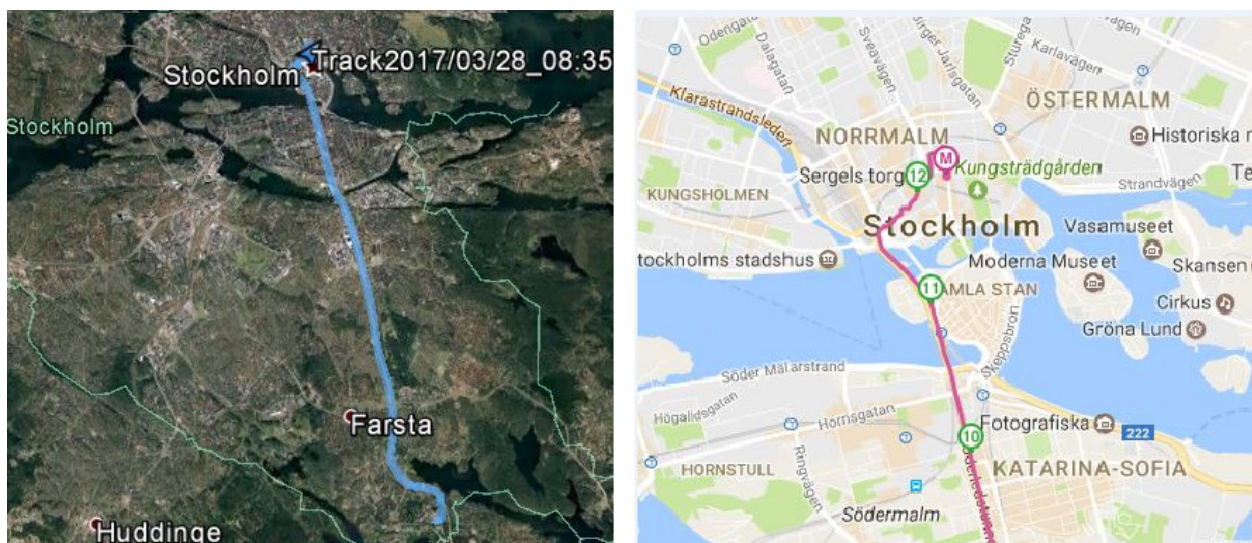
Lastningen tar mellan 5 och 10 min. Lossningstiden kan däremot variera kraftigt. Om en stor pump används vid lossning kan det ta ca 6 – 7 min om pumpning sker konstant. Det är dock vanligt att pumpningen inte sker konstant, exempelvis om betongen ska användas till olika gjutningar på samma arbetsplats. En lossning kan då ta mellan 1 och 2 timmar. Kunden betalar för både betongen, transport till arbetsplatsen samt tid för lossning. Vid användning av liten pump behövs ofta sluring (cementvatten) tillsättas innan betongen kan pumpas vilket innebär att en roterbil först måste åka till arbetsplatsen med sluringen.

Den studerade transporten mellan Farsta och Regeringsgatan trafikerar vägavsnitt där det råder BK2 och 12 m i och med att arbetsplatsen Regeringsgatan ligger inom Stockholm Stad där det generellt råder BK2 och 12 m (se figur 4.4).



Figur 4.4 Tunga kartan med restriktioner för tung trafik i Stockholm. Arbetsplatsen vid Regeringsgatan utmarkerad.

Den studerade transporten gick från Farsta via väg 73, genom Söderledstunneln, Centralbron, Herkulesgatan, Malmskillnadsgatan, Mäster Samuelsgatan till Regeringsgatan (se figur 4.5). Detta innebär att det endast är under den sista km som det råder BK2. Denna transport utfördes med en 3-axlad rotorbil. Lastvikten för denna transport var endast ca 6 ton eftersom beställningen endast var på 2,5 m³. Bilen har vid BK2 en maximal lastkapacitet på 5 m³.



Figur 4.5 Transportrutt mellan arbetsplatsen på Regeringsgatan och betongfabriken i Farsta

Före betongtransporten körde även en roterbil med sluring till arbetsplatsen eftersom en liten pump användes för att pumpa betongen. Transportsträckan tur och retur var 25 km och tog ca 66 min. Lastning vid Farsta betongfabrik tog ca 10 min. Lossningen vid Regeringsgatan tog 75 min eftersom det var ett flertal smågjutningar som skulle göras där en stor del av betongen transporterades med skottkärra till den aktuella gjutningen. Pumpningen avbröts därför mellan varje skottkärrepåfyllning. Transporten utfördes mellan kl. 8.50 och 09.20 vilket medförde att trafiken flöt på bra. Vid andra tider på dygnet tar transporten vanligtvis längre tid.

4.1.3 Asfalt – Klarastrandsleden

Data för asfalttransport från Arlanda till Klarastrandsleden i centrala Stockholm visas i tabell 4.3.

Tabell 4.3 Data för asfalttransport från Arlanda till Klarastrandsleden

Material:	Asfalt
Mängd material:	37 ton
Transportavstånd (tor)	89 km
Fordon och lastbärare:	Citylink (3-axlad dragbil med två 2-axlade linkar)
Tidsåtgång transport (tor):	80 min
Restriktioner:	Dispens för BK1
Uppskattad energiförbrukning:	1,1 l/ton last (11 ml/tonkm)

Parator Industri har utvecklat ett ekipage som har optimal lastförmåga utifrån rådande förutsättningar både vid BK1 och BK2 och 12 m fordonslängd (se figur 4.6). Ekipaget består av en kort 3-axlad dragbil och två identiska så kallade linkar med skjutbar boggi och benämns citylink. Vid färd inom områden där det råder BK2 och maximalt 12 m fordonslängd kan den bakre linken kopplas av och boggin dras in för att klara längdbegränsningen och samtidigt tillåts ekipaget, bestående av en dragbil och en link ha en bruttovikt på 30 ton. Vid BK1 tillåts dragbilen och en link med helt utskjuten boggi ha en totalvikt på 45 ton (Olsson, 2016).



Figur 4.6 Asfaltsekipage med två linkar, benämns citylink (TFK)

Avståndet mellan första och sista axeln för dragbilen och en link med boggin indragen är 10 m och det maximala avståndet mellan första och sista axeln för dragbil och en link (boggin helt utskjuten) är 13 m. Vikten för dragbil och en link utan lastbärare är ca 15 ton (Högberg, 2017).

Asfaltsflaken från Parator är utformade för att vara så lätta som möjligt. Därför kan de inte transportera exempelvis schaktmassor eller bergmassor. Om flaken byggs med en annan plåt skulle asfaltsflaken däremot kunna ta med returlaster bestående av schaktmassor.

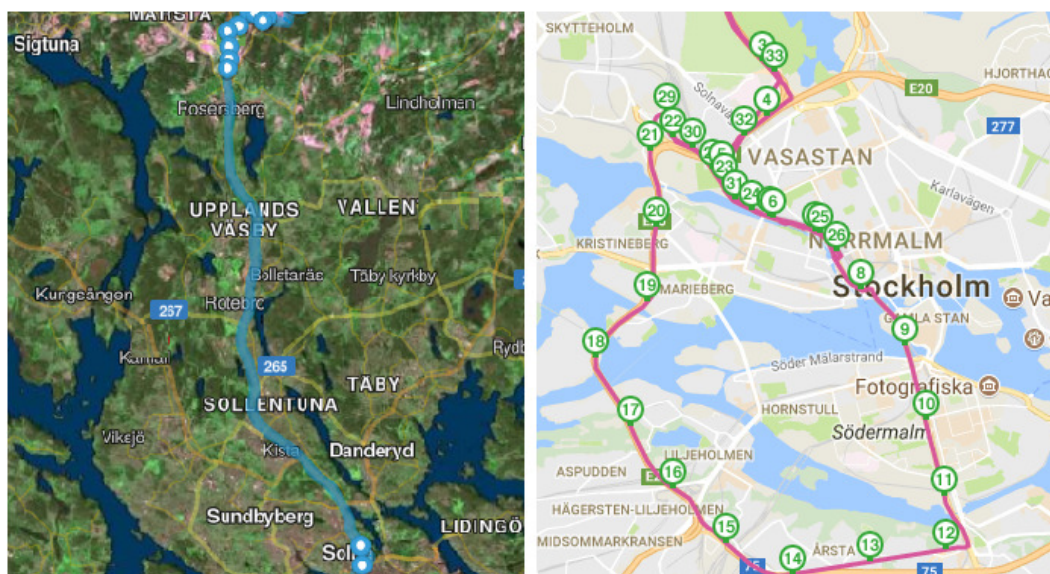
En medåkning med en asfalttransport till Klarastrandsleden i Stockholm genomfördes natten till den 7 juli 2017. Asfalten hämtades från Asfaltsverket vid Arlanda. Från asfaltsverket till Klarastrandsleden är avståndet 44,5 km vilket ger en körtid på ca 40 min. På Klarastrandsleden

råder BK2, men utan hinder av föreskrifterna om 12 m längd på fordon och fordonståg (se figur 4.7). I detta fall hade transporterna dispens för BK1.

Efterfordon och flak ställdes av vid en avstängd vägsträcka vid Tomtebodas, ca 2 km från Klarastrandsleden (se figur 4.8). Asfalt hämtades vid asfaltsverket vid Arlanda och endast en vända till Arlanda var möjlig att hinna med under en natt på grund av att Klarastrandsleden endast kunde vara avstängd mellan kl. 22 och 05. En stor del av tiden gick åt till att vänta på att få lossa asfalten.



Figur 4.7 Tunga kartan med restriktioner för tung trafik i Stockholm. Arbetsplatsen vid Klarastrandsleden streckad i grönt.



Figur 4.8 Transportrutt mellan asfaltsverket vid Arlanda och Klarastrandsleden

5 Analys

5.1 Antaganden

För analyserna har följande antaganden gjorts.

Bränsleförbrukning

Bränsleförbrukningen antas vara linjär med fordonets totala vikt och baseras på data från Volvo Trucks. Nedan visas exempel på bränsleförbrukning vid olika fordonsvikter (se tabell 5.1). Bränsleförbrukningen är dock även beroende av transportcykeln och topografin.

Tabell 5.1 Bränsleförbrukning i förhållande till fordonets totala vikt

Fordonsvikt (ton)	Bränsleförbrukning (l/100 km)
26	31
23,5	29,8
14	24,9

Tidsåtgång

Rangering och omlastning antas ta 5 min per specifik operation.

Kostnader

Kostnaden beräknas för hela transportuppdraget tur och retur samt för lastning och lossning. Kostnaderna baseras på timpriser för hyra av fordon och efterfordon (se tabell 5.2).

Tabell 5.2 Timpriser för hyra av olika fordon och efterfordon

Fordonstyp	Kr/h	Källa
3-axlad lastväxlarbil med tippflak	827	MaserFrakt, 2016
4-axlad lastväxlarbil med tippflak	910	MaserFrakt, 2016
4-axlat lastväxlarläp	255	Alwex, 2014
Hjullastare	800	MaserFrakt, 2016
3-axlad rotorbil (betongroterare)	817	MaserFrakt, 2016
4-axlad rotorbil (betongroterare)	897	MaserFrakt, 2016
3-axlad dragbil + rotortrailer	950	Approximerat från MaserFrakt, 2016
3-axlad dragbil	626	MaserFrakt, 2016
3-axlad tipptrailer inkl. dragbil	1 028	MaserFrakt, 2016

Lastvikt

För olika fordon och fordonskombinationer har generella lastvikter ansats utifrån information från Volvo (Rosgardt, 2016) (se tabell 5.3).

Tabell 5.3 Generella lastvikter för olika fordon och fordonskombinationer

Restriktion	BK1	BK2, 12 m Lastvikt (ton)	BK2, 15 m
Fordon			
3-axlad lastväxlarbil med tippflak	13	10	
4-axlad lastväxlarbil med tippflak	18	10	
3-axlad bil + 4-axlat lastväxlarläp	30	10 (endast bil)	
3-axlad rotorbil (betongroterare)	14	12	
4-axlad rotorbil (betongroterare)	18	10	
3-axlad dragbil + rotortrailer	25	-	20

Restriktion	BK1	BK2, 12 m Lastvikt (ton)	BK2, 15 m
Fordon			
2-axlad lastbil + 3-axlad tipptrailer	27		21
3-axlad dragbil och två 2-axlade parlinkar	37 (2 linkar)	13 (en link)	19,5 (en link)

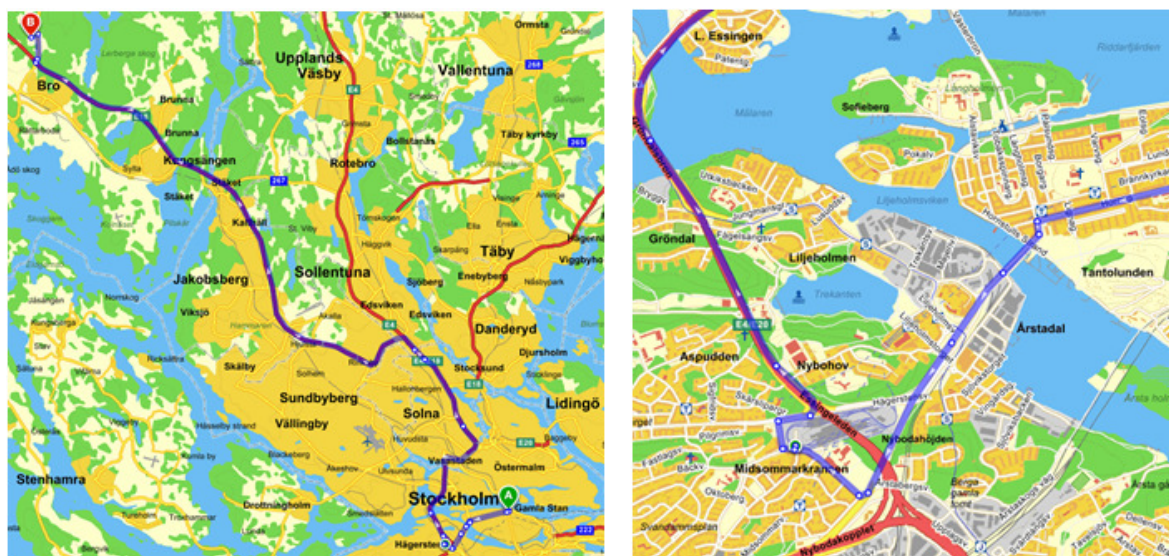
5.2 Analys utifrån fallstudierna

5.2.1 Berg- och schaktmassor – Slussen

Idag råder BK1 utan hinder av föreskrifterna om högst 12 m fordonslängd på hela Stadsgårdsleden fram till arbetsplatsen vid Slussen intill Stadsgårdskajen. Arbetsplatsen vid Södermalmstorg kan däremot endast nå via vägar med BK2 och högst 12 m fordonslängd.

Fokus för denna ansats och utvärdering är ett alternativt upplägg för transporter av schaktmassor mellan arbetsplatsen vid Södermalmstorg och avfallsanläggningen Högbytorp i Bro.

I ett alternativt transportupplägg har Nyboda buss- och tunnelbanedepå ansatts som plats för omlastning och/eller rangering. Den totala sträckan från arbetsplatsen vid Slussen till Högbytorp via Nyboda är ca 49 km, det vill säga ca 1 km längre än sträckan från Slussen direkt till Högbytorp, se figur 5.1.



Figur 5.1 Vänstra bilden: Färdväg från arbetsplats vid Slussen (A) till Högbytorp (B) via omlastnings-/rangeringsplats Nyboda buss- och tunnelbanedepå (blå markering). Högra bilden: Nyboda buss- och tunnelbanedepå.

För transporterna har tre olika transportlösningar undersökts:

- **Rangering**

För en rangering studerades en lösning med transportupplägg för transporten med en 3-axlad lastväxlarbil med en 4-axlad släpvagn med 2 lastväxlarflak (sammantaget 3 lastbärare) (se figur 5.2). Transporter från arbetsplatsen till rangeringsplatsen sker med en 3-axlad lastväxlarbil med tippflak. Bilen lastas fullt enligt BK2. Vid rangeringsplatsen ställs lastbäraren antingen av på marken eller skjuts över till ett släp eller en kärra. En tom lastbärare tas med tillbaka till arbetsplatsen där den lastas och transporteras till rangeringsplatsen.



Figur 5.2 3-axlad bil med 4-axlad släpvagn (Treiber, 2016)

Proceduren upprepas därefter två gånger. Den sista gången står lastbäraren kvar på bilen som kopplar till släpet med de sedan tidigare lastade lastbärarna och transporterar dessa till avfallsanläggning/materialanläggning. Lastbärarna är fortfarande endast lastade med den viktgräns som inom BK2 är tillåten för den 3-axlade bilen. Med detta upplägg kan tre lastbärare transporteras den största delen av transporten med ett ekipage.

- **Rangering och omlastning**

För transportupplägg med både rangering och omlastning studerades transport med en 3-axlad lastväxlarbil med tipp och en 4-axlad släpvagn med 2 lastväxlarflak (samtantaget 3 lastbärare).

Vid ett transportupplägg med en 4-axlad släpvagn krävs det att 3 lastbärare med 10 ton last vardera transporteras med en 3-axlad bil till en omlastnings- och rangeringsplats. Utöver detta krävs ytterligare 6 ton last för att fylla ekipagets totala lastvikt vid BK1 vilken är 36 ton. Lasten fördelas på två lastbärare, en på bilen och en på släpet, och transporteras sedan vidare till avfallsanläggningen/materialanläggningen.

- **BK1 och 12 m**

För transportupplägg där BK1 tillåts, men restriktionen om maximalt 12 m fordonslängd gäller samt där ingen rangering eller omlastning sker studerades transporter med en 4-axlad tippbil.

- **BK2 och 15 m**

För transportupplägg där 15 m fordonslängd tillåts, men där BK2 gäller samt ingen rangering eller omlastning utförs studerades transporter med en 2-axlad dragbil med en 3-axlad tipptrailer (se figur 5.3).



Figur 5.3 2-axlad dragbil och 3-axlad trailer (Scania)

För omlastningen och rangering är det möjligt att en bil sköter transportererna mellan arbetsplatsen och omlastningsplatsen och en eller flera bilar sköter transportererna mellan omlastningsplatsen och avfallsanläggningen/materialanläggningen.

Index för bränsleförbrukning, tidsåtgång, transportkostnad, transportsträcka samt antal fordonsrörelser i och utanför city (område där BK2 och 12 m fordonslängd råder) har beräknats för de olika transportuppläggen (se tabell 5.4). Transportuppläggen jämförs med transport med

en 3-axlad boggibil med tillåten lastvikt enligt BK2. Alla jämförda transportupplägg ger lägre energiförbrukning, tidsåtgång, transportkostnad och antal fordonsrörelser utanför city. Vid rangering, med och utan omlastning, är antalet fordonsrörelser samma i city, men betydligt färre fordonsrörelser krävs utanför city.

Tabell 5.4 Index för bränsleförbrukning, tidsåtgång, kostnad, transportsträcka samt fordonsrörelser för de olika transportuppläggen med transport med en 3-axlad boggibil som referens

Upplägg	Referens	Rangering	Omlastning & rangering	Ingen omlastning eller rangering	
Restriktion	BK2 och 12 m	BK1/BK2 och 12 m	BK1/BK2 och 12 m	BK2 och 15 m hela vägen	BK1 och 12 m hela vägen
Fordon	3-axlad bil	3-axlad bil + 4-axlat släp	3-axlad bil + 4-axlat släp	2-axlad dragbil + 3-axlad tipptrailer	4-axlad bil
Energiförbrukning (l/ton)	100	56	47	56	61
Tidsåtgång (h/ton)	100	57	49	47	55
Kostnad (kr/ton)	100	81	67	58	60
Transportsträcka (km/ton)	100	55	35	48	56
Fordonsrörelser i city	100	100	100	48	56
Fordonsrörelser utanför city	100	33	28	48	56

5.2.2 Betong – Regeringsgatan

Jämförelser sker med ett referensalternativ där den studerade transporten istället utförs med full last (12 ton/5 m³). Samma transportrutt och tider som för det studerade fallet används i beräkningarna.

Eftersom varken rangering eller omlastning lämpar sig vid transport av betong har endast två olika transportlösningar undersökts:

- **BK2 och 15 m**

För alternativet där fordonslängden antas få uppgå till 15 m, men BK2 råder studeras transport med en 3-axlad dragbil med 2-axlad trailerroter (se figur 5.4).



Figur 5.4 Rotortrailer med dragbil (Betongindustri HeidelbergCement Group)

- **BK1 och 12 m**

För alternativet där fordonslängden antas få uppgå till 12 m samt BK1 råder studeras transport med en 4-axlad rotorbil.

Index för bränsleförbrukning, tidsåtgång, transportkostnad, transportsträcka samt antal fordonsrörelser har beräknats för de olika transportuppläggen (se tabell 5.5). Beräkningarna visar att en ökning av tillåten fordonslängd från 12 m till 15 m vid BK2 ger större effekt på energiförbrukning, tidsåtgång, transportkostnad, fordonssträcka och antal fordonsrörelser jämfört med om transporten utförs enligt restriktionerna BK1 och 12 m, det vill säga en högre bärighetsklass, men en begränsning i fordonslängden till 12 m. Detta beror på att rotortrailern får med sig mer last vid BK2 än vad en 4-axlad rotorbil får med sig vid BK1. Detta beror delvis på att rotortrailern har ett större avstånd mellan första och sista axeln vilken enligt bruttoviktskurvorna medger en högre bruttovikt.

Tabell 5.5 Index för bränsleförbrukning, tidsåtgång, kostnad och transportsträcka för de olika transportuppläggen med transport med en 3-axlad rotorbil som referens

Upplägg och restriktion	BK2 och 12 m hela vägen	BK2 och 15 m hela vägen	BK1 och 12 m hela vägen
Fordon	3-axlad rotorbil	3-axlad dragbil med rotortrailer	4-axlad rotorbil
Energiförbrukning (l/ton)	100	71	73
Tidsåtgång (h/ton)	100	62	67
Kostnad (kr/ton)	100	72	74
Transportsträcka (km/ton)	100	60	67
Fordonsrörelser	100	60	67

5.2.3 Asfalt – Klarastrandsleden

Vid Klarastrandsleden råder BK2 utan hinder av föreskrifterna om högst 12 m fordonslängd, men vid asfaltläggningen fanns dispens för att köra enligt BK1. Rangering av efterfordon skedde på en avstängd vägsträcka vid Tomtebodan.

Eftersom prisuppgift för parlink ekipaget saknas kan ingen utvärdering avseende kostnad göras.

För transporterna har tre olika transportalternativ undersökts:

- **Rangering BK1/BK2 och 12 m alternativt BK1/BK2 och 15 m**

Vid asfalteringen hade transporterna dispens för BK1, men i vanliga fall råder BK2 på Klarastrandsleden. För transportupplägg enligt BK2 har ett ekipage bestående av en dragbil och två parlinkar med totalt två lastbärare studerats.

Från asfaltsverket till rangeringsplatsen råder BK1. Dock måste vikten på varje lastbärare vara anpassad för att dragbilen med en link skall kunna köras i områden där restriktioner avseende BK2 och 12 m fordonslängd råder. Detta innebär att varje lastbärare endast kan ta 13 ton asfalt och hela ekipaget 26 ton asfalt om det skall trafikera områden med BK2 och 12 m restriktion. Om den tillåtna fordonslängden istället hade varit 15 m hade varje lastbärare kunnat ta 18,5 ton asfalt och ekipaget hade kunnat gå fullastat på BK1.

- **BK2 och 15 m**

För transportupplägg där BK2 och 15 m råder har ett ekipage bestående av en dragbil med en parlink och en lastbärare studerats.

- **BK2 och 12 m**

För transportupplägg där BK2 och 12 m råder har ett ekipage bestående av en dragbil med en parlink och en lastbärare studerats.

Index för bränsleförbrukning, tidsåtgång, transportkostnad, transportsträcka samt antal fordonsrörelser i och utanför city (område där BK2 och 12 m råder) har beräknats för de olika transportuppläggen (se tabell 5.6). Beräkningarna visar att transportererna med dragbil och parlink ger lägre energiförbrukning, kortare transporttid och transportsträcka samt färre fordonsrörelser både i och utanför city jämfört med om transportererna utförs med en 3-axlad bil vid BK2 och 12 m. Detta både om 2 parlinkar används och rangering sker innan infart i område med maximalt 12 m tillåten fordonslängd eller om hela transporten sker med endast en parlink. Besparingarna blir dock större om 2 parlinkar används.

Tabell 5.6 Index för bränsleförbrukning, tidsåtgång, kostnad och transportsträcka för de olika transportuppläggen med transport med en 3-axlad boggibil som referens

Upplägg	Referens	Rangering		Ingen omlastning eller rangering	
		BK1/BK2 och 12 m	BK1/BK2 och 15 m	BK2 och 15 m	BK1 och 12 m
Restriktion	BK2 och 12 m	BK1/BK2 och 12 m	BK1/BK2 och 15 m	BK2 och 15 m	BK1 och 12 m
Fordon	3-axlad boggibil	Dragbil + 2 parlinkar		Dragbil + parlink	
Energiförbrukning (l/ton)	100	56	42	60	58
Tidsåtgång (h/ton)	100	58	41	51	49
Transportsträcka (km/ton)	100	41	29	51	40
Fordonsrörelser i city	100	77	54	51	49
Fordonsrörelser utanför city	100	49	27	51	49

5.2.4 Sammanfattning

Energiförbrukning och miljöpåverkan

Genom att köra in längre fordon till en rangeringsplats och där rangera lastbärare och efterfordon kan energiförbrukningen minska avsevärt. I den genomförda fallstudien avseende transport av massor från Slussen (se avsnitt 4.1.1) visades en bränslebesparing på ca 40 % vid transport med 3-axlad bil med lastväxlare och 4-axlat släp jämfört med att endast använda en 3-axlad bil. Vid asfalttransport med parlink vid rangering innan infart till BK2 kan bränsleförbrukningen reduceras med ca 50 % jämfört med en 3-axlad bil.

Om längdbegränsningen ändras från 12 m till 15 m kan bränsleförbrukningen, enligt analyser av underlag från fallstudien avseende transport av massor från Slussen, minska med drygt 40 %. En uppgradering av bärighetsklassning från BK2 till BK1 med bibehållen gräns för fordonslängden på 12 m ger en minskad bränsleförbrukning med knappt 40 %. En ökad fordonslängd medför därmed en större energibesparing än om 12 m gränsen behövs och vägarna istället klassades om från BK2 till BK1.

För betongtransporter innebär en längdändring från 12 m till 15 m att det är möjligt att använda trailerrotorbilar, vilket vid BK2 kan reducera bränsleförbrukningen per ton betong med ca 30 %.

Utsläppen av växthusgaser är proportionella mot bränsleförbrukningen för samma motor. En reducerad bränsleförbrukning medför därmed även en betydande reduktion av emissionerna.

Trängsel

Genom färre fordonsrörelser i och utanför innerstaden kan störningar i trafiken minska vilket minskar trängseln och köbildningen. För byggnationer som är beroende av in- och uttransporter kan byggtiden kortas genom att transportererna sker snabbare och mer effektivt.

Med rangering av efterfordon följer inte att antalet fordonsrörelser i innerstaden (där det råder BK2 och 12 m) minskar. Däremot kan andelen fordonsrörelser utanför innerstaden halveras. Emellertid kan antalet fordonsrörelser i innerstaden minska genom att det fordon som används mellan rangeringsplats och arbetsplatsen i innerstaden optimeras för de regler och förhållanden som råder där vilket kan öka nyttolasten per fordonsrörelse.

Enligt beräkningarna för massgodstransporter från Slussen kan antalet fordonsrörelser utanför innerstaden reduceras med ca 70 % om en 3-axlad bil med ett efterfordon används och där efterfordonet ställs av innan färd in på område där det råder 12 m längdbegränsning jämfört med om hela transporten utförs med en 3-axlad boggibil med last enligt BK2.

Enligt beräkningarna för asfaltstransport till Klarastrandsleden kan antalet fordonsrörelser både i innerstaden och utanför minska genom att använda en dragbil med två citylinkar (parlink). Jämfört med en 3-axlad bil med last enligt BK2 kan antalet fordonsrörelser i innerstaden minska med drygt 20 % om parlink används och rangering innan infart på BK2-område är möjligt.

Kostnad

Transportkostnaden kan öka något vid rangering på grund av det extra rangeringsmomentet samt ifall ett dyrare fordon eller ekipage används. Även kostnader för nyttjande av rangerings- och omlastningsplatser kan eventuellt tillkomma.

Val av fordon

Vid val av fordon uppges ofta flexibilitet, framkomlighet och manövrerbarhet som viktiga faktorer, förutom fordonets lastkapacitet. Flexibilitet är viktigt för fordon som ska klara av flera typer av uppdrag. För fordon som används i stora projekt som pågår under flera år kan däremot lastkapaciteten få en större betydelse. För sådana projekt kan fordonets lastförmåga och effektivitet optimeras för ett specifikt uppdrag och kan sedan säljas när projektet är slut (Rosgardt, 2016).

Arbetsplatsens utformning och utrustning kan påverka valet av fordon. Är det mycket trångt på arbetsplatsen behövs ett lättmanövrerat fordon, medan det vid mer rymliga arbetsplatser kan vara möjligt att köra in med bil och kärra eller någon annan fordonskombination.

Vid rangering är det möjligt att använda ett fordon (dragbil/traktor) som transporterar trailers mellan rangeringsplatsen och arbetsplatsen och en dragbil som kör mellan arbetsplatsen och till exempelvis materialanläggning/deponi. De fordon som transporterar trailers eller lastbärare mellan rangeringsplatsen och arbetsplatsen bör utformas för att uppnå så hög lastvikt vid BK2 och 12 m som möjligt samtidigt som de bör vara utformade för att köra på arbetsplatser.

5.3 Inverkan på resultatet

Resultaten från fallstudierna baseras på uppskattade transportkostnader och gäller transporter på specifika avstånd. Samtidigt har inte tomgångskörning och väntetid vid arbetsplatserna räknats in. Vanligen uppstår väntetid vid arbetsplatserna där fordonet står på tomgång vilket påverkar bränsleförbrukningen och tidsåtgången.

Kostnaden för transportererna är tagna från prislistor och beräknas på vad kunden betalar för transporten, inte vad ägaren till fordonet/åkeriet har för kostnader för fordonet.

6 Resultat och slutsatser

6.1 Resultat

I studien har infrastrukturlösningar i form av rangerings- och omlastningsplatser samt stråk som möjliggör högre vikter och/eller längre fordonslängder ansatts och analyserats. Infrastrukturlösningarna har kartlagts, analyserats och utvärderats för tre olika fallstudier utifrån energiförbrukning, tidsåtgång, transportkostnad, transportsträcka samt antal fordonsrörelser.

6.1.1 Infrastrukturlösningar

Rangerings- och omlastningsplatserna ska ha välfungerande in- och utfarter, gärna möjlighet till genomfart och platserna ska vara lokaliserade så att de går att nå från vägar klassade till BK1, men att de är i nära anslutning till områden med begränsningar i fordonslängder och fordonsvikter. Omlastnings- och rangeringsplatserna bör dessutom vara lokaliserade så att eventuellt buller och damm från rangering och omlastning inte stör kringboende. En lokalisering där fordonen måste passera platser där barn och ungdomar rör sig såsom förskolor och skolor bör också undvikas.

För att underlätta planeringen för förarna är det önskvärt att det enkelt går att boka tid vid en rangerings- och omlastningsplats samt att det ska vara enkelt att se var det finns lediga platser. Det bör även ställas krav i upphandlingar på att det ska finnas logistiklösningar som möjliggör effektiva transporter, exempelvis att det finns ytor för rangering och omlastning.

Rangerings- och omlastningsplatserna kan anläggas i anslutning till materialhanteringsområden. Detta för att material ska kunna återvinnas i närheten av potentiella användare eller mottagare. Vid materialhanteringsområdena kan återvinningsbart material från byggarbetsplatser korttidslagras för att sedan återanvändas vid samma eller vid en annan byggarbetsplats. Vid omlastning av olika typer av material måste det finnas behållare eller avgränsare som ser till att materialen inte beblandas eller på annat sätt kontamineras.

Ytorna vid rangerings- och omlastningsplatserna ska vara jämna och ha en fri höjd på minst 4,5 m, gärna mer, för att möjliggöra tippning av lastbärare. För att de flesta fordonskombinationer ska kunna vända krävs en diameter på mellan 15-20 m. Det behövs dessutom plats för uppställning av lastbärare.

Beroende på tillgången på tillgängliga ytor kan rangerings- och omlastningsplatser utformas som:

- Permanenta platser
- Dynamiska platser
- Tillfälliga platser
- Mikroplatser

För att ytterligare effektivisera transporter kan noderna, bestående av rangerings- och/eller omlastningsplatser, knytas samman med stråk som tillåter längre och/eller tyngre fordon och fordonskombinationer. Detta för att minimera sträckan som fordonen kör med begränsad kapacitet. Där det är möjligt kan gator och vägar därför klassas upp till BK1 eller tillåta en längre fordonslängd än 12 m.

6.1.2 Effekter av föreslagna infrastrukturlösningar

Genom rangering och/eller omlastning kan energiförbrukningen minska avsevärt. Det leder även till att färre fordonsrörelser krävs för att transportera en viss mängd material vilket medför

mindre trängsel på vägnätet samt ökar trafiksäkerheten i och med att färre fordonsfronter kommer att exponeras i trafiken. Med färre fordonsrörelser minskar även den totala transporttiden vilket i sin tur kan reducera arbetstiden för exempelvis byggnationer. Lägre bränsleförbrukning och kortare transporttid ger kostnadsbesparingar.

Analysen av de genomförda fallstudierna indikerar att bränsleförbrukningen kan reduceras med 40-50 % genom rangering av efterfordon och lastbärare jämfört med användning av en 3-axlad bil med last enligt BK2. Genom rangering kan antalet fordonsrörelser utanför innerstaden eller områden med begränsningar i bärighet och fordonslängd reduceras med mellan 60 % och 70 %.

En ökning av längdbegränsningen från 12 m till 15 m vid BK2 visar att energiförbrukningen kan reduceras med ca 40 %. En ökning av längdbegränsningen till 15 m kan även ge färre fordonsrörelser innanför och utanför de områden som har begränsningar av fordonens bärighet och längd. Fallstudierna indikerar att antalet fordonsrörelser kan reduceras med 40-50 % med en tillåten fordonslängd på 15 m jämfört med 12 m.

6.2 Slutsatser

Genom att anlägga rangerings- och omlastningsplatser i nära anslutning till områden med begränsningar i fordonslängder och fordonsvikter kan massgodstransporterna bli betydligt mer energi- och tidseffektiva jämfört med dagens transporter.

Det råder emellertid en hård konkurrens om ytor i storstadsregionerna. Det är därför viktigt att rangerings- och omlastningsplatser ingår i infrastrukturplaneringen samt att det ställs krav vid upphandling av större byggnationer om att rangerings- och omlastningsplatser måste etableras och/eller vara tillgängliga för transporterna till och från de aktuella arbetsplatserna.

En möjlighet är att anlägga rangerings- och omlastningsplatser i anslutning till materialhante-ringsplatser. Detta för att underlätta återvinning av material och minska transporterna av material som kan återvinnas utan någon bearbetning.

6.3 Fortsatta studier

6.3.1 Markvibrationer

Genom att undersöka hur ett fordon's axeltryck och axelkonfiguration (antal axlar samt placering av och avstånd mellan dessa) inverkar på uppkomsten av markvibrationer och komfortstörningar i byggnader kan fordonen bättre anpassas för att ta mer lastvikt utan att i ökad omfattning ge upphov till markvibrationer och komfortstörningar. Detta förväntas leda till att högre bruttovikter kan tillåtas inom ett större område än idag vilket därmed möjliggör effektivare transporter. Undersökningar, såsom vibrationsmätningar, avses att genomföras för olika axelkonfigurationer vid olika hastigheter och lastvikter. Detta för att ta fram underlag för hur regelverk samt fordon och fordonskombinationer för massgods ska utvecklas och/eller anpassas. I projektet bör vibrationsmätningar utföras på några utvalda (minst två) vägavsnitt, varav minst ett som utgörs av ett dokumenterat känsligt vägavsnitt med nedsatt bärighet samt en bro. Vägslitageeffekten för olika fordonstyper och fordonskombinationer bör beräknas utifrån modeller och valideras mot de verkliga mätningarna.

Genom att studera uppkomsten av markvibrationer kan fordonens hastighet och/eller axelkonfigurationer anpassas för att transporterna ska kunna utföras så effektivt som möjligt samtidigt som de är skonsamma mot väginfrastrukturen och byggnader i anslutning till vägarna. Detta väntas leda till lägre energiförbrukning och minskade koldioxidutsläpp per transporterat ton gods samt färre fordonsrörelser vilket ger mindre trängsel.

6.3.2 Demonstration

Genom en demonstration kan det testas och utvärderas hur lösningar för hur transporter av massor till och från en arbetsplats kan effektiviseras genom rangeringsplatser och/eller högre bruttovikter. Testfordonen kan i samband med detta utrustas med geofencing vilket möjliggör att hastigheten automatiskt kan begränsas i fördefinierade områden samt att fordonet och dess lastvikt hela tiden kan följas.

I samband med en demonstration ska det analyseras och utvärderas hur potentialen att öka energieffektiviteten för tunga transporter i städer och tätorter genom införande av prestandabaserade regelverk och trafikförordningar vilka implementeras, styrs och kontrolleras genom digitala verktyg.

Referenser

Litteratur

- Bark P, red, *Materialhantering – 3e omarbetade utgåvan*, TFK-rapport 2002:8 (2002)
- Beitoei A, *CityLogistics: International Experience of Urban Logistics Projects, with Reference to Classification and Evaluation* (2012)
- Bergman F, *Bygglogistikcenter i Norra Djurgårdsstaden – delavstämning*, Stockholms stad (2016)
- CASE CE, *Hjullastare F-serien*, CASE Construction Equipment (2016)
- Goodall C, *Uppställningsplatser – Utredning av uppställningsplatser för lastbilar*, Stockholms stads Trafikkontor (2015)
- Kjellkvist A, *Mätning av externt industribuller vid förflyttning av avfallscontainer, Bångahagens återvinningscentral, Mariestads kommun*, Mariestads kommun (2013)
- Krantz G et al, *Energieffektiva kortväga massgodstransporter på väg*, TFK-rapport 2014:3 (2014)
- Länsstyrelsen i Stockholms län, *Krossat berg och återvunnet material ersätter grus*, Faktablad 2003:06 (2003)
- Länsstyrelsen i Stockholms län, *Länsstyrelsen i Stockholms läns sammanställning över vägar och vissa lokala trafikföreskrifter inom Stockholms län*, 01FS 2017:9 (2017)
- Morén L, *Lokalisering av ytor för hantering av jord- och bergmaterial i Södertörn*, Examensarbete SLU & Uppsala Universitet (2015)
- Naturvårdsverket, *Naturvårdsverkets författningssamling – Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser*, NFS 2004:15 (2004)
- Nylén F, *Förädling av ballastmaterial med hydrocyklon, ett fungerande alternativ?* Examensarbete i geologi vid Lunds universitet (2012)
- Ottosson M, *Samordnade godstransporter i stadsmiljö – Logistikcentraler*, Trendsetter Report No 2005:18 (2005)
- SBMI, *Bergmaterialindustrins förutsättningar i Stockholmsregionen* (2004)
- SGU, *Grus, sand och krossberg 2015*, SGU 2016:3 (2016)
- Stockholms stad, *Bilaga 2: Fördjupad information om bygglogistikcenter inom Norra Djurgårdsstaden*, Exploateringskontoret, Dnr E2012-511-00740 (2013)
- Sundgren P, *Utökad täktverksamhet vid Cementa i Skövde – Externbullerutredning*, WSP (2012)
- TFK, *Massförflyttning vid anläggnings- och byggnadsarbeten*, TFK-rapport 1979:4 (1979)
- Trafikanalys, *Godstransporter i Sverige*, Rapport 2012:7 (2012a)
- Trafikanalys, *Godsflöden i Sverige*, Rapport 2012:8 (2012b)

Transportstyrelsen, *Lasta lagligt - Vikt- och dimensionsbestämmelser för tunga fordon* (2014)

Transport for London, *London Construction Consolidation Centre – Final Report* (2008)

Treiber A et al, *Energieffektiva transporter av massgods i stora tätortsområden och storstäder*, TFK-rapport 2016:3 (2016)

Vägverket, *Väg- och gatuutrustning Bullerskydd*, VV publikation 2004:80 (2004)

Wigholm P et al, *Buller från bergtäkter*, TemaNord 2013:588 (2013)

Muntliga källor

Gustavson B, B G-son At AB, 2017

Heierson T, Sveriges Åkeriföretag, 2015

Högberg U, Parator Industri AB, 2017

Johansson A, CeDe Group, 2017

Olsson P, Parator Industri AB, 2016

Rosgardt T, AB Volvo Group Trucks Technology, 2016 & 2017

Åkehag M, Skanska, 2017

Elektroniska källor

Alwex, *Prislista Lastbilar o maskiner*, Publicerad 2014-03-31, hämtad 2016-08-29 (2014)
http://assets.wm3.se/sites/124/media_files/13633/-ZqVeuCH9K8t2aHTSwnGOW/original_Prislista_lastbil_o_maskin_1404.pdf?1396339663

Bygglogistikcenter Norra Djurgårdsstaden, *Reducerade transporter med BLC*, hämtad 2017-03-02 (2016)
<http://www.ndslogistik.se/sv/forskning-och-statistik/reducerade-transporter-med-blc>

Dieselnet, *Regulatory Framework*, hämtad 2015-06-23 (2015)
<http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

MaserFrakt, *Transporter*, hämtad 2016-05-01 (2016)
<http://www.maserfrakt.se/wp-content/uploads/2010/10/Prislista-2016-MF-ANL.pdf>

Regeringen, *74 tons lastbilar för jobb och klimat*, Regeringskansliet, hämtad 2017-02-16 (2017)
<http://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2017/02/74-tons-lastbilar-for-jobb-och-klimat/>

Stockholms stad, *Karta över Stockholms stad*, hämtad 2017-03-02 (2017)
<http://www.stockholm.se/OmStockholm/Forvaltningar-och-bolag/Stadsdelsforvaltningar/>

Transportstyrelsen, *Buller från vägfordon*, hämtad 2017-03-02 (2017)
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Buller/MC-Bull>

Transportstyrelsen, *Grundregler*, hämtad 2015-06-23 (2015)
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Grundregler/>

Bilaga 1

Deltagare vid workshop genomförd 19 september 2017

Peter Bark	TFK
Hans Gustafsson	TMKs ordförande
Börje Gustavson	B G-son AT
Torbjörn Heierson	Sveriges Åkeriföretag
Ulf Högberg	Parator Industri AB
Arne Johansson	CeDe Group
Ingela Johansson	Stockholms stad, Trafikkontoret
Robert Lundström	NCC Industri
Elisabeth Mårell	Stockholms läns landsting
Per Olsson	Parator Industri AB
Henrik Pettersson	Trafikanalys
Tommy Rosgardt	Volvo Group Trucks Technology
Jessica Sjögren	Stockholms stad, Trafikkontoret
Elisabeth Ström	Stockholms stad, Trafikkontoret
Leif Sundberg	Märsta Förenade
Andreas Säfström	Stockholms stad, Trafikkontoret
Angelika Treiber	TFK
Joachim Wiberg	Sveriges Åkeriföretag
Mats Åkerfeldt	Trafikverket
Per Erik Österlund	Stockholms stad, Miljöförvaltningen

Bilaga 2

Beräkningar fallstudier

Berg- och schaktmassor – Slussen

Restriktion	Referens BK2 och 12 m	Rangering	Omlastning & rangering	BK2 och 15 m	BK1 och 12 m
Fordon	3-axlad boggibil	3-axlad bil + 4-axlat släp	3-axlad bil + 4-axlat släp	Dragbil + 3-axlad tipptrailer	4-axlad bil
Transportavstånd Slussen – Nyboda (km)	-	4,4	4,4	-	-
Transportavstånd Nyboda – Högby (km)	-	44,3	44,3	-	-
Totalt transportavstånd (km)	96	106,2	120,3	96	96
km/ton	9,6	5,3	3,3	4,6	5,3
Transporttid tor (h)	1,8	2	2	1,8	1,8
Transporttid Slussen – Nyboda (h)	-	0,2	0,2	-	-
Transporttid Nyboda – Högby (h)	-	0,7	0,7	-	-
Tid lastning (h)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tid rangering/omlastning (h)	-	0,1	0,1	-	-
Tid lossning (h)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total tid (h)	2,0	3,4	3,5	2,0	2,0
Tid per ton (h/ton)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Lastvikt BK1 (ton)	-	30	36	-	18
Lastvikt BK2 (ton)	10	10	10	21	10
Vikt olastad BK2 (ton)	13	13	13	17	14,5
Vikt olastad BK1 (ton)	-	34	37	-	14,5
Kostnad per timme transport (kr/h)	827	1 082	1 082	1 028	910
Omlastningskostnad per timme (kr/h)	-	-	800	-	-
Total kostnad (kr)	1 648	2 687	3 991	2 022	1 790
Kostnad per ton (kr/ton)	165	134,3	110,9	96,3	99,4
Bränsleförbrukning med last BK2 (l/100 km)	30,9	30,9	30,9	38,1	31,6
Bränsleförbrukning med last BK1 (l/100 km)	-	50,6	54,9	-	35,5
Bränsleförbrukning utan last BK2 (l/100 km)	26,1	26,1	26,1	28,02	26,8
Bränsleförbrukning utan last BK1 (l/100 km)	-	36,18	37,6	-	26,8
Bränsleförbrukning totalt (l)	27,4	46,0	46,0	31,7	29,9
Bränsleförbrukning per ton last (l/ton)	2,7	1,5	1,3	1,5	1,7
Jämförelse bränsleförbrukning (l)	Ref.	44,0	53,3	44,2	39,3
Jämförelse tid (h)	Ref.	42,6	51,2	53,0	45
Jämförelse kostnad (kr)	Ref.	19	33	41,6	39,7
Jämförelse transportsträcka (km)	Ref.	44,7	65,2	52,4	44,4
Jämförelse fordonsrörelser i city (antal)	Ref.	0	0	52,4	44,4
Jämförelse fordonsrörelser utanför city (antal)	Ref.	66,7	72,2	52,4	44,4

Betong – Regeringsgatan

Restriktion	Referens BK2 och 12 m	BK2 och 15 m	BK1 och 12 m
Fordon	3-axlad rotorbil	Rotortrailer	4-axlad rotorbil
Transportavstånd enkel (km)	12,5	12,5	12,5
Totalt transportavstånd tor (km)	25	25	25
km/ton	2,1	1,2	1,4
Transporttid enkel (h)	0,6	0,6	0,6
Transporttid tor (h)	1,1	1,1	1,1
Tid lastning (h)	0,1	0,2	0,1
Tid lossning (h)	1,3	1,3	1,3
Total tid (h)	2,5	2,6	2,5
Tid per ton (h/ton)	0,2	0,1	0,1
Lastvikt BK1 (ton)	14	25	18
Lastvikt BK2 (ton)	12	20	10
Vikt olastad BK2 (ton)	11	18	14
Vikt olastad BK1 (ton)	11	18	14
Kostnad per timme transport (kr/h)	817	950	897
Total kostnad (kr)	2 043	2 422,5	2 220
Kostnad per ton (kr/ton)	166,8	121,1	123,3
Bränsleförbrukning med last BK2 (l/100 km)	30,9	38,1	31,4
Bränsleförbrukning med last BK1 (l/100 km)	-	40,5	35,2
Bränsleförbrukning utan last BK2 (l/100 km)	25,1	28,5	26,6
Bränsleförbrukning utan last BK1 (l/100 km)	-	28,5	26,6
Bränsleförbrukning totalt (l)	7,0	8,3	7,7
Bränsleförbrukning per ton last (l/ton)	0,58	0,42	0,43
Jämförelse bränsleförbrukning (l)	Ref.	28,7	26,5
Jämförelse tid (h)	Ref.	37,6	32,7
Jämförelse kostnad (kr)	Ref.	27,4	26,1
Jämförelse transportsträcka (km)	Ref.	40	33,3
Jämförelse fordonsrörelser (antal)	Ref.	40	33,3

Asfalt – Klarastrandsleden

Restriktion	Referens BK2 och 12 m	Rangering BK1/BK2 och 12 m	Rangering BK1/BK2 och 15 m	BK2 och 15 m	BK1 och 12 m
Fordon	3-axlad boggibil	Parlink	Parlink	Parlink	Parlink
Transportavstånd enkel (km)	44,5	47,4	47,4	44,5	44,5
Transportavstånd tor (km)	89,0	94,8	94,8	89,0	89,0
Transportavstånd Tomtebodan – Klarastrandsleden (km)	-	2,4	2,4	-	-
Transportavstånd Tomtebodan – Arlanda (km)	-	45,0	45,0	-	-
Totalt transportavstånd (km)	89,0	94,8	94,8	89,0	89,0
km/ton	8,9	3,6	2,6	4,6	4,3
Transporttid enkel (h)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Transporttid tor (h)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Transporttid Arlanda – Tomtebodan (h)	-	0,6	0,6	-	-
Transporttid Tomtebodan – Klarastrandsleden (h)	-	0,1	0,1	-	-
Tid lastning (h)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Tid rangering/omlastning (h)	-	0,1	0,1	-	-
Tid lossning (h)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Total tid (h)	1,5	2,3	2,3	1,5	1,5
Tid per ton (h/ton)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Lastvikt BK1 (ton)	-	26,0	37,0	-	20,5
Lastvikt BK2 (ton)	10	-	-	19,5	-
Vikt olastad boggibil (ton)	13	-	-	-	-
Vikt olastad 2 parlinkar (ton)	-	27,0	27,0	-	-
Vikt olastad 1 parlink (ton)	-	-	-	18,5	18,5
Bränsleförbrukning med last boggibil (l/km)	0,31	-	-	-	-
Bränsleförbrukning utan last boggibil (l/km)	0,23	-	-	-	-
Bränsleförbrukning med last BK1 två parlinkar (l/km)	-	0,5	0,5	-	-
Bränsleförbrukning med last BK1 en parlink (l/km)	-	-	-	-	0,4
Bränsleförbrukning utan last med två parlinkar (l/km)	-	0,4	0,4	-	-
Bränsleförbrukning med last BK2 (l/km)	-	-	-	0,4	-
Bränsleförbrukning utan last med 1 parlink (l/km)	-	-	-	0,3	0,3
Bränsleförbrukning totalt (l)	25,4	37,0	39,5	29,7	30,0
Bränsleförbrukning per ton last (l/ton)	2,5	1,4	1,1	1,5	1,5
Jämförelse bränsleförbrukning (l)	Ref	43,9	57,9	39,9	42,4
Jämförelse tid (h)	Ref	42,3	59,5	48,7	51,2
Jämförelse kostnad (kr)	Ref	59,0	71,2	48,7	51,2
Jämförelse transportsträcka (km)	Ref	23,1	45,9	48,7	51,2
Jämförelse fordonsrörelser i city (antal)	Ref	61,5	73,0	48,7	51,2



TFK – TransportForsk

Warfvinges väg 29

112 51 Stockholm

Tel: 08-652 41 30

E-post: info@tfk.se

Internet: www.tfk.se