

Beräkningar av energiåtgång och koldioxidutsläpp vid byggande, drift och underhåll av vägar

Beräkningar enligt fyra typfall

Robert Karlsson

Annelie Carlson

Förord

Föreliggande notat avrapporterar och tillgängliggör en snabbutredning som beställts av Håkan Johansson och Andreas Fernholm på Vägverket. Resultatet som redovisas har använts som underlag för åtgärdsplaneringen under hösten 2009.

Linköping januari 2010

Robert Karlsson

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 2010-01-19 av Ulf Hammarström. Robert Karlsson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 2010-01-19. Projektledarens närmaste chef, Gunilla Franzén, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2010-01-20.

Quality review

Internal peer review was performed on 19 January 2010 by Ulf Hammarström. Robert Karlsson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director of the project manager, Gunilla Franzén, examined and approved the report for publication on 20 January 2010.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Uppdraget	9
2 Metod.....	10
3 Typfall	11
3.1 Avgränsningar.....	11
4 Resultat.....	12
5 Diskussion	13
Referenser.....	14

Bilagor:

Bilaga 1 Energiåtgång

Bilaga 2 CO2-utsläpp

Bilaga 3 Resultat för arbetsmaskiner baserade på IERD

Bilaga 4 Resultat från dimensionering med PMS Objekt

Beräkningar av energiåtgång och koldioxidutsläpp vid byggande, drift och underhåll av vägar – beräkningar enligt fyra typfall

av Robert Karlsson och Annelie Carlson
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Typiska värden har tagits fram per km väg avseende energianvändning och koldioxidutsläpp (CO₂) för byggande samt drift och underhåll för fyra olika fall. Fallen har definierats utifrån vägtyperna motorväg, 2+1-väg och normal tvåfältsväg. Tvåfältsvägen delades i sin tur upp i två typfall där trafikmängden varit den huvudsakliga grunden för skillnader. Dessa fyra typfall har sedan analyserats under de olika faserna byggande samt drift och underhåll under en 60-års period. Åtgången av materialmängder har kvantifierats och aktiviteter kartlagts. I nästa steg har mängder och aktiviteter översatts till behov av energi och utsläpp av CO₂. Även en typisk tunnel och trafikplats har analyserats på samma sätt.

Estimation of energy consumption and carbon dioxide emissions during construction, maintenance and operation of roads

by Robert Karlsson and Annelie Carlson

VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)

SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

Typical values have been estimated per km road regarding the use of energy and carbon dioxide emissions for construction as well as maintenance and operation for four separate cases. These cases have been defined from standard motorways, 2+1-roads (Swedish standard road with alternating one and two lanes in each direction) and normal two lane roads. The two lane road was further divided mainly with respect to traffic flow into two separate cases. These four cases have then been analysed during the phases of construction and service for 60 years. The resource needs have been quantified in terms of material and activities. In the next step, the resources used have been translated into energy and carbon dioxide emissions. Furthermore, a typical tunnel and motorway junction have been added to the list of cases analysed in the same manner.

1 Uppdraget

Uppdraget består i att ta fram typiska värden per km avseende energianvändning och koldioxidutsläpp (CO₂) för byggande samt drift och underhåll för ett antal typvägar under en 60-års period. Värdena skall avspegla livscykelperspektivet och inkludera alla insatsvaror. Typvägarna avser kategorierna tvåfältsväg, 2+1 väg (inklusive räcke), motorväg (inklusive räcke, exkl. trafikplatser). I tillägg till typvägarna ingår även uppdraget att studera tunnlar och trafikplatser samt cirkulationsplatser.

Efter de första preliminära beräkningarna framfördes önskemål om att tydliggöra bidraget från arbetsmaskiner till energiförbrukning och CO₂-utsläpp.

Posten belysning har lyfts ur studien eftersom den inte är knuten till typvägar utan snarare till urbana miljöer och komplexa trafikmiljöer. Dessutom är posten osäker med tanke på nuvarande utveckling inom belysningstekniken. Eftersom belysning också är en dominerande term för cirkulationsplatser så har även dessa undantagits i studien.

Huvuddelen av uppdraget utfördes under en kort period mellan 29 oktober till 15 november, vilket var nödvändigt för att kunna ligga till underlag för Vägverkets åtgärdsplanering. Därför har vissa mindre fel smugit sig in i det underlag som användes i åtgärdsplaneringen, vilket dock inte haft någon betydelse för de prioriteringar som gjorts, enär skillnaderna i resultat är marginella.

2 Metod

Arbetet med att kvantifiera energiåtgång och utsläpp av CO₂ har utförts i två steg. Först har typvägar satts samman baserat på regelverk och erfarenheter kring hur vägar byggs i Sverige. Dessa typfall har i sin tur gett möjlighet att kvantifiera materialmängder och aktiviteter under de olika faserna byggande samt drift och underhåll. I nästa steg har mängder och aktiviteter översatts till behov av energi och utsläpp av CO₂. Arbetet med att kvantifiera energiåtgång och utsläpp av CO₂ har utgått ifrån Håkan Stripplés arbete, främst (Stripple, H., 2001) och med det även de avgränsningar i LCA som han har antagit. Parallella bedömningar har gjorts i syfte att verifiera Stripplés antaganden och uppskatta osäkerheter och variationer. Arbetet med att utveckla väl avvägda skillnader mellan olika typfall har baserats på tidigare arbete med LCC och utveckling av kostnadsschabloner för drift och underhåll (Karlsson, R., 2008) som finns i Vägverkets Effektsamband 2008, Nybyggnad och Förbättring.

Allmänna kommentarer

CO₂-kalkylerna är osäkra och utsläppen kan variera mycket med avseende på vilka antaganden man gör i analysen. Till exempel kan CO₂-utsläpp för elproduktion variera mycket beroende på om den kommer från vattenkraft eller kolkondenskraftverk. Även val av fordon som används vid underhåll av vägsträcka spelar roll där olika motortyper och utsläppsfaktorer kan variera. I denna sammanställning likställs elen med svensk årsmedelproduktion där vattenkraft och kärnkraft utgör en stor andel, vilket resulterar i en förhållandevis låg nivå på CO₂-utsläppen för elförbrukning. Till skillnad från CO₂-utsläppen är energiåtgången däremot en mer robust grund för värdering.

Andra poster är mycket objektspecifika. Ett talande exempel är grundläggning där behovet kan variera från noll till att vara mycket omfattande – flera tiopotenser högre än vad som kan anses normalt i vissa områden. Skillnaden är också stor när det gäller behovet av masstransporter. Eftersom det finns en hel del platsspecifika egenskaper när man ska ta fram LCA för olika vägsträckor så betyder det att en sammanställning av mikro-beräkningar på aggregerad nivå till viss del är skakig och något att ha i åtanke. I detta arbete speglar behovet av resurser en nationell schablonnivå som är lämplig för åtgärdsplanering. Här saknas djupare studier. Ett viktigt och konkret stöd vid resursbedömningen är dock de regelverk som Vägverket använder sig av och som här använts för att definiera typfallen. För poster på resursnivån såsom cement, bitumen och bränsleförbrukning finns dock flera studier som gör att en värdering av tillförlitlighet kan göras.

Verifiering

Kalkylerna innehåller osäkerheter i flera led, allt från byggnads- och underhållstekniska aspekter till el- och bränsleförbrukning, vidare till omsättning i CO₂-utsläpp.

Relativt oberoende data har hämtats från EU-projektet IERD, vilket sedan legat till grund för jämförande bedömningar. Dessa bräkningar är dock avgränsade till byggskedet med aktiviteter på plats eller till och från bygget. Fortsättningen på IERD, benämnt ECRPD, är ännu inte färdigt. I ECRPD tas även driftsskedet med i analyserna.

Beräkningarna har gjorts i Excel där referenser skrivits in till källan för olika data.

3 Typfall

I tabellen nedan redovisas utformningen av de typvägar som längre ner använts som indata i beräkningarna.

Definition av typfall					
	Tvåfältsväg	Tvåfältsväg	2+1	Motorväg	
körfält [m]	6,5	7	11	14	[VGU - Sektion Landsbygd, Vägrum]
vägren [m]	1,5	1,5	3,05	5	[VGU - Sektion Landsbygd, Vägrum]
stödremsa [m]	0,5	0,5	0,5	0,5	[VGU - Sektion Landsbygd, Vägrum]
mittremsa [m]				2,5	[VGU - Sektion Landsbygd, Vägrum]
<i>Summa</i>	<i>8</i>	<i>8,5</i>	<i>14,05</i>	<i>21,5</i>	
släntlutning	1:3	1:4	1:6	1:6	VGU - Sektion Landsbygd, Vägrum]
ÅDT	1 000	4 000	10 000	20 000	[VV Statistik över vägarna och deras användning - bedömning av typfall] [Bedömning baserat på erfarenhet av BWIM, samt en linjär modell ÅDT-tot asfalttjocklek]
Andel tung trafik	5 %	8 %	12 %	15 %	

Två typfall för 2f-väg har valts. En medelväg för riket och en som är mer trolig vid investeringsbedömningar (skiljer i ÅDT).

För tillägget för tunnlar har Södra och Norra länken studerats, vilket innebär höga ÅDT.

För tillägget för trafikplats har ruter korsning antagits och LCA-verktyget ETSI använts för brokalkylen (Hammervold, J., Reenaas, M. & Brattebø, H., 2009). Trafikplatsen är mycket simpel och belysning ingår ej i dagsläget. Detta är dock en stor post.

Information om ÅDT och andel tung trafik har använts för att med hjälp av Vägverkets dimensioneringsprogram PMS Objekt beräkna typiska vägöverbyggnader, se bilaga 4.

3.1 Avgränsningar

Belysning är svårt att räkna på i dagsläget, bland annat på grund av att den posten är osäker med tanke på nuvarande utveckling inom belysningstekniken. Sannolikt utgör belysningen en stor post och borde därför studeras närmare. Detta gäller till exempel för cirkulationsplatser. I rapporten ger de ett begränsat bidrag till storheterna som studeras. Det är däremot sannolikt att cirkulationsplatser är belysta, vilket skulle kunna ge ett betydande bidrag till drift och underhållskostnaderna om det togs i beaktande. För tillägget *tunnel* ingår belysning eftersom andelen förbrukad el till belysning inte kan särskiljas från förbrukad el till andra installationer.

Broar omfattas inte av beräkningarna av minst två skäl. Dels är de relativt lätta att räkna på och verktyg finns också att tillgå, dels varierar inslaget av broar starkt från projekt till projekt. Liksom belysning kan broarna utgöra merparten av energibehovet för ett objekt. Schabloner för energibehovet vid brobyggnad redovisas för programvaran Joulesave för kategorierna broar <10m (27 GJ/m²), broar 10–50 m (4,0 GJ/m²) samt broar >50m (3,5 GJ/m²) ("Final report (Save programme) – Integration of the Measurement of Energy Usage into Road Design (IERD)", 2006).

4 Resultat

Resultaten av studien över energiåtgång och CO₂-utsläpp redovisas nedan i ett antal tabeller. Beräkningarna är indelade i grupperna Byggnad samt Drift och underhåll som i sin tur består av ett antal undergrupper. Över den analyserade perioden av 60 år beräknas den totala energiåtgången och CO₂-utsläppen för de studerade vägtyperna vara enligt följande (för detaljer se bilaga 1 och 2):

Byggnad, Drift och underhåll		Tvåfältsväg-slv	Tvåfältsväg-primär	2+1	Motorväg
Energiåtgång [TJ per km]	Byggnad	1,5	3,7	7,9	17
	DoU	2,5	3,4	6,8	12
CO ₂ -utsläpp [ton per km]	Byggnad	150	370	770	1 900
	DoU	160	190	330	510

Nedan redovisas beräkningar av tunnlar och trafikplatser. Tunnel-tillägget avser all energi och CO₂ på sträckan och baseras på högtrafikerade avsnitt (Norra och Södra länken) med två körfält i varje riktning och täta av- och påfarter. Behovet av energi minskar drastiskt i mindre trafikerade tunnlar, enär färre installationer behövs och behovet av ventilation minskar. Tillägget trafikplats avser endast ramper och planskild bro. Tillägget är tänkt att läggas på noden utan att subtrahera bidrag från länkarna.

Tillägg		Tunnel		Trafikplats	
Energiåtgång	Byggnad	43	[TJ per km]	5,6	[TJ per st]
	DoU	840	[TJ per km]	1,00	[TJ per st]
CO ₂ -utsläpp	Byggnad	5 100	[ton per km]	580	[ton per st]
	DoU	106 000	[ton per km]	76	[ton per st]

Energiåtgången och CO₂-utsläppen redovisade ovan har sitt ursprung i olika aktiviteter. En något mer detaljerad bild av detta fås ur tabellerna i bilaga 1 och 2. Aktiviteterna har dock inte brutits ner på resursnivå så att det tydligt framgår andelarna som beror av materialförbrukning eller arbete utfört av arbetsmaskiner eller fordon. I ett kombinerat försök att verifiera beräkningarna samt att bedöma maskinellt arbetes bidrag, så gjordes parallella beräkningar på grundval av siffror hämtade ur EU-projektet IERD, där VTI är projektdeltagare. Endast byggskedet och bränsleförbrukning ingår i beräkningen. Resultaten redovisas nedan. För detaljer, se bilaga 3. Inom IERD redovisas även värden för asfalt, nämligen 320 MJ/ton, vilket är lägre än de siffror som erhålls baserade på Stripplens bedömningar (520 MJ/ton) som används i detta arbete.

IERD – Arbetsmaskiner vid byggande

	Tvåfältsväg-slv	Tvåfältsväg-p	2+1	Motorväg
Energiåtgång [TJ per km]	2,5	3,0	4,3	12,2
CO ₂ -utsläpp [ton per km]	170	200	290	820

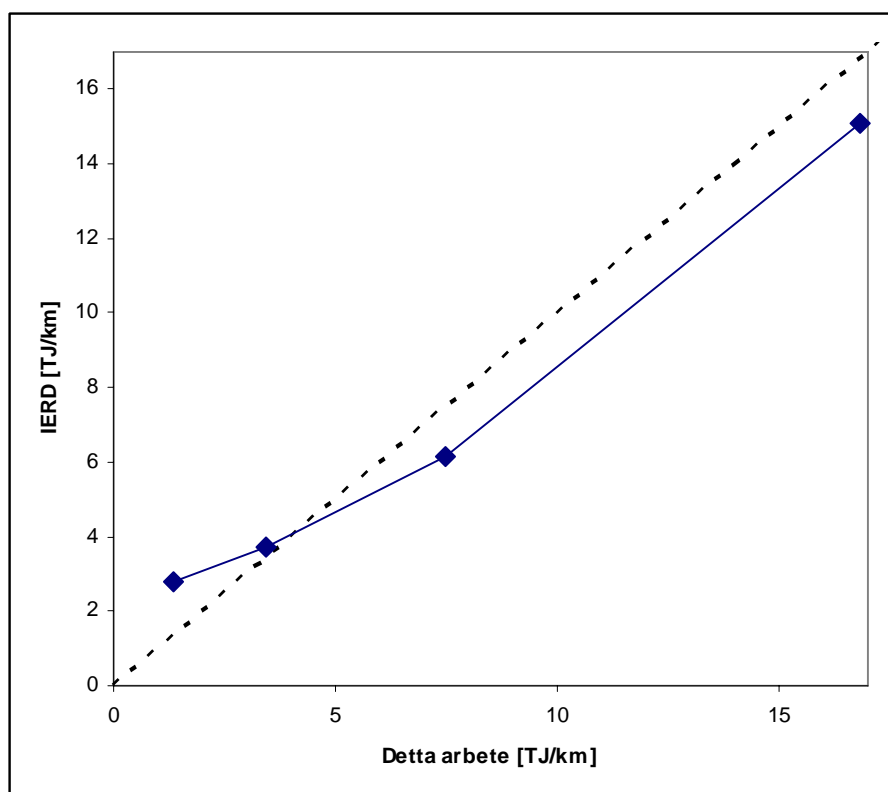
5 Diskussion

Allmänt

Ambitionen med detta arbete har varit att leverera bedömningar i rätt storleksordning och rättvisa relativa nivåer mellan de olika typfallen. Det har på flera ställen påpekats att stora brister föreligger i underlaget och mycket arbete återstår. Detta framgår inte minst i bilagorna där beräkningarna kommenteras. Om tillräckligt god kunskap om energibehovet och emissionerna ska kunna erhållas måste ett större antal projekt analyseras mer noggrant. Att utforma schabloner för något så objektspecifikt som vägbyggande är svårt men om data tas fram för minst ett tiotal principiellt olika projekt borde det gå att bedöma hur det egna projektet passar in. För åtgärdsplanering där schabloner måste tillämpas krävs ännu mer eftertanke och förmodligen modeller där objektens läge och ÅDT tillåts inverka på resultatet. Förmodligen vore det rimligt att Vägverket/Trafikverket snarast gör en kartläggning av hela sitt energibehov.

Specifikt om resultaten

I figuren nedan redovisas likvärdiga poster för byggande för de fyra typfallen baserade på både IERD-projektets data i Joulesave och detta arbete. Total överensstämmelse innebär att resultatet hamnar på den streckade linjen. När beräkningarna i detta arbete jämförs med beräkningarna baserade på Joulesave observeras en påtaglig skillnad för det lågtrafikerade typfallet. Orsaken till skillnader tycks stå att finna i hur posten grundläggning hanteras. Båda beräkningarna bygger dock på de volymer och transportlängder som antagits i detta arbete. Därmed återstår att verifiera dessa faktorer.



Det är viktigt att påpeka att de två kanske viktigaste posterna, belysning och bro, lyfts ur studien. När det gäller bro borde förmodligen tillägg tagits fram för olika brotyper, något som redan finns i Joulesave, se vidare under rubriken avgränsningar.

Referenser

”Final report (Save programme) – Integration of the Measurement of Energy Usage into Road Design (IERD)” Commission of the European Directorate-General for Energy and Transport, Contract No: 4.1031/Z/02-091/2002. 2006.

Hammervold, J., Reenaas, M. & Brattebø, H, ”Environmental Effects – Life Cycle Assessment of Bridges”ETSI Stage 2, NTNU, 2009 (http://www20.vv.se/fud-resultat/Publikationer_000601_000700/Publikation_000626/Etsi_Stage2_Report.pdf)

Karlsson, R. ”Underlag till schabloner för DoU-kostnader i EVA och VV Effektsamband Nybyggnad och Förbättring” VTI-notat 10-2008. VTI, Linköping.

Stripple H ” Life Cycle Assessment of Road – A Pilot Study for Inventory Analysis” 2nd ed., Swedish Environmental Research Institute. 2001.

Energiåtgång

Kommentarer efter tabellen.

	Typfall			
	Tvåfältsväg- slv	Tvåfältsväg- primär	2+1	Motorväg
	[MJ per km]	[MJ per km]	[MJ per km]	[MJ per km]
BYGGANDE				
ÖVERBYGGNAD				
Transporter	101 734	173 807	324 254	466 658
Asfalt tom produktion i verket	414 469	1 092 587	2 447 097	3 965 091
Krossning av sten	167 221	236 954	427 960	597 721
Arbetsmaskiner för beläggningsarb	19 361	21 295	70 651	118 804
UNDERBYGGNAD				
Grundläggning	563 525	1 525 150	3 050 300	9 150 900
Fyll och schakt	247 111	632 000	1 046 854	2 461 131
BFB.2 - Fällning av enstaka träd	19 266	20 046	23 665	26 237
VÄGUTRUSTNING – VÄGMARKERINGAR				
Räcke	1 916	7 662	478 875	574 650
Viltstängsel	0	0	48 135	96 269
Vägmarkeringar	585	878	5 268	8 301
<i>SUMMA BYGGANDE</i>	<i>1 535 188</i>	<i>3 710 380</i>	<i>7 923 057</i>	<i>17 465 762</i>
DRIFT OCH UNDERHÅLL				
Vinterväghållning	402 408	596 160	1 341 360	2 583 360
Beläggning	1 712 568	2 440 020	5 052 588	8 715 269
Vägmarkeringar	7 024	13 170	79 020	166 022
Vägbelysning	<i>För osäkert</i>			
Diken	175 500	175 500	175 500	175 500
Städning, tvättning	155 490	155 490	155 490	155 490
<i>SUMMA DRIFT OCH UNDERHÅLL</i>	<i>2 452 990</i>	<i>3 380 340</i>	<i>6 803 928</i>	<i>11 795 641</i>
SUMMA	3 988 178	7 090 719	14 726 985	29 261 403

Bilaga 1
Sidan 2 (4)

Kommentarer:

Överbyggnadens mängder	<p>Beräkningar med PMS Objekt ger följande tjocklekar på ingående lager (inom parentes kubikmeter per km)</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="border-right: 1px solid black;">Tvåfältsväg</th> <th>Tvåfältsväg</th> <th>2+1</th> <th>Motorväg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>slitlager</td> <td style="border-right: 1px solid black;">45 (360)</td> <td>40 (340)</td> <td>40 (562)</td> <td>40 (760)</td> </tr> <tr> <td>bindlager</td> <td style="border-right: 1px solid black;">-</td> <td>-</td> <td>40 (566)</td> <td>40 (764)</td> </tr> <tr> <td>bärlager</td> <td style="border-right: 1px solid black;">-</td> <td>70 (609)</td> <td>70 (998)</td> <td>100 (1920)</td> </tr> <tr> <td>ob bärlager</td> <td style="border-right: 1px solid black;">80 (681)</td> <td>80 (776)</td> <td>80 (1306)</td> <td>80 (1731)</td> </tr> <tr> <td>förstärkningslager</td> <td style="border-right: 1px solid black;">420 (4100)</td> <td>420 (4780)</td> <td>420 (7920)</td> <td>420 (10150)</td> </tr> </tbody> </table>		Tvåfältsväg	Tvåfältsväg	2+1	Motorväg	slitlager	45 (360)	40 (340)	40 (562)	40 (760)	bindlager	-	-	40 (566)	40 (764)	bärlager	-	70 (609)	70 (998)	100 (1920)	ob bärlager	80 (681)	80 (776)	80 (1306)	80 (1731)	förstärkningslager	420 (4100)	420 (4780)	420 (7920)	420 (10150)
	Tvåfältsväg	Tvåfältsväg	2+1	Motorväg																											
slitlager	45 (360)	40 (340)	40 (562)	40 (760)																											
bindlager	-	-	40 (566)	40 (764)																											
bärlager	-	70 (609)	70 (998)	100 (1920)																											
ob bärlager	80 (681)	80 (776)	80 (1306)	80 (1731)																											
förstärkningslager	420 (4100)	420 (4780)	420 (7920)	420 (10150)																											
Transporter	<p>Lastbilar drar 5 l/mil, tar 33 ton last</p> <p>Transporterad längd ToR är i medel för slitlager 100 km, bindlager 50 km, bundet bärlager 50 km, obundet bärlager 30 km, förstärkningslager 3 km</p>																														
Asfaltproduktion	<p>Bitumen: 6 % av asfalten.</p> <p>Värmning av asfalt enligt Stripple.</p>																														
Krossning	<p>Energiåtgång enligt [Andersson, Gunnarsson]</p> <p>Slitlager krossas tre ggr utom för lågtrafikerad väg. Övriga material krossas två gånger.</p>																														
Arbetsmaskiner vidläggning	<p>Data för vältar och läggare enligt Stripple.</p>																														
Grundläggning	<p>Bygger på Stripplens analys för normalväg. Härvid har antagits att 2+1-vägen motsvarar Stripplens väg. De fyra typfallen har sedan erhållits genom multiplikation med faktorn 0,25, 0,5, 1,0 och 3,0, enligt antaganden om behovet av grundläggning och prioritering av linjeföring kontra byggkostnader för olika vägtyper.</p> <p>Denna post varierar mycket mellan olika projekt och borde utredas närmare.</p>																														
Fyll och schakt	<p>Bygger på Stripplens analys av normalväg samt en analys av hur masstransporter varierar för olika typfall och olika geografiska förutsättningar.</p> <p>Återigen en post som varierar mycket mellan olika projekt.</p>																														
Räcke	<p>Analys har gjorts av hur mycket räcke som sätts för de olika typfallen per km. Därefter har mängden stål beräknats för de fyra fallen. Stålmängden har sedan översatts till energi.</p> <p>Arbetet med att sätta upp räckena ingår ej, vilket borde inkluderas vid en fortsatt analys.</p>																														
Vinterväghållning	<p>Stripplens data har använts för att ange nivån för normalväg. Sedan har faktorer använts som speglar behovet av åtgärder med tanke på åtgärdsbredd och standard på vägen. Faktor för åtgärdsbredd är hämtad ur arbete med LCC samt VTI:s vintermodell. Standard kommer ur ÅDT och VV ATB Vinter som i sin tur anger intensiteten i åtgärderna.</p>																														
Beläggningsunderhåll	<p>Livslängden beräknad enligt modeller från arbete med LCC. Energiåtgång enligt ovan avseende nytt slitlager.</p> <p>Här finns goda möjligheter att nuvarande energiåtgång ligger avsevärt lägre med tanke på ny teknik och slimmade åtgärder.</p>																														
Sidoområde	<p>På grund av stor osäkerhet har belysning lyfts ur beräkningarna.</p> <p>Energiåtgång för dikning, tvättning och städning enligt Stripplens analys.</p>																														

Tillägg		Tillägg	
Tunnel		Trafikplats	
	[MJ per km]		[MJ/st]
BYGGANDE			
Typ Norra/Södra länken		Bro (ur ETSI -- Bridge LCA)	
Berg	10 920 000	Betong	1 034 863
Betong	25 403 405	Stål	3 526 875
Asfalt	6 700 411	Fyll o schakt	9 266
		Ramper (Ruter)	
		Fyll o schakt	46 332
		ÖB	989 435
<i>SUMMA BYGGANDE</i>	<i>43 023 816</i>	<i>SUMMA BYGGANDE</i>	<i>5 606 771</i>
DRIFT OCH UNDERHÅLL			
Typ Norra/Södra länken		All drift för enkel väg	981 196
Installationer	827 234 043		
Väg	11 795 641		
<i>SUMMA DRIFT OCH UNDERHÅLL</i>	<i>839 029 683</i>	<i>SUMMA DRIFT OCH UNDERHÅLL</i>	<i>981 196</i>
SUMMA	882 053 500	SUMMA	6 587 967

Bilaga 1
Sidan 4 (4)

Kommentarer:

Tunnel	Berg	Bygger på Norra och Södra länkens bergvolym och antaganden om 3 mils transporter ToR i medel för massorna. Transportlängden är mycket objektspecifik. Berg i storstäderna har tidigare transporterats längre.
	Betong	Bygger på Norra länkens projekterade behov av betong.
	Asfalt	Bygger på typfallet motorväg
	Installationer	Uppgift om 18 GWh per år för Södra länken som är 4,7 km lång.
Trafik-plats	Väg	Bygger på typfallet motorväg
	Betong	Enkel ruter korsning med bro som tagits fram i ETSI – Bridge LCA. 40 m spann.
	Stål	Se ovan.
	Fyll o schakt	Som ovan plus att extra volymer bedömts för ramperna.
	Överbyggnad	Volymer för typiska ramper. 400 m väg.
	Drift	Drift av 400 m normalväg. Förutsätter driftvändplatser.

CO₂-utsläpp

	Typfall			
	Tvåfältsväg- slv	Tvåfältsväg- primär	2+1	Motorväg
	[kg per km]	[kg per km]	[kg per km]	[kg per km]
BYGGANDE				
ÖVERBYGGNAD				
Transporter	6 851	11 704	21 835	31 425
Asfalt tom produktion i verket	25 960	68 432	153 270	248 346
Krossning av sten	9 045	13 253	24 237	34 236
Arbetsmaskiner för beläggningsarb				
UNDERBYGGNAD				
Grundläggning	91 650	226 500	453 000	1 359 000
Fyll och schakt	19 820	50 265	83 260	192 654
VÄGUTRUSTNING - VÄGMARKERINGAR				
Räcke	167	666	36 075	49 950
<i>SUMMA BYGGANDE</i>	<i>153 492</i>	<i>370 821</i>	<i>771 677</i>	<i>1 915 611</i>
DRIFT OCH UNDERHÅLL				
Vinterväghållning	35 022	51 885	116 741	224 835
Beläggning	102 943	117 977	195 009	263 714
Vägbelysning	0	0	0	0
Diken	8 400	8 400	8 400	8 400
Städning, tvättning	10 758	10 758	10 758	10 758
<i>SUMMA DRIFT OCH UNDERHÅLL</i>	<i>157 124</i>	<i>189 020</i>	<i>330 908</i>	<i>507 707</i>
SUMMA	310 615	559 841	1 102 586	2 423 318

Kommentarer:

Emissionerna av CO₂ har beräknats på samma sätt som för energibehovet. Förutsätter 2,6 kg CO₂ per liter diesel för transporter. Mindre viktiga komponenter såsom träd-fällning, viltstängsel och vägmarkeringar har rationaliserats bort ur sammanställningen.

Tillägg		Tillägg	
Tunnel		Trafikplats	
	[kg per km]		[kg/st]
BYGGANDE			
Typ Norra/Södra länken		Bro (ur ETSI -- Bridge LCA)	
Berg	735 354	Betong	169 696
Betong	4 180 000	Stål	305 018
Asfalt	248 346	Fyll o schakt	624
		Ramper (Ruter)	
		Fyll o schakt	3 120
		ÖB	98 885
<i>SUMMA BYGGANDE</i>	<i>5 163 700</i>	<i>SUMMA BYGGANDE</i>	<i>577 343</i>
DRIFT OCH UNDERHÅLL			
Typ Norra/Södra länken		All drift för enkel väg	75 608
Installationer	105 840 000		
Väg	507 707		
<i>SUMMA D&U</i>	<i>106 347 707</i>	<i>SUMMA D&U</i>	<i>75 608</i>
SUMMA	111 511 407	SUMMA	652 951

Kommentarer:

Emissionerna av CO₂ har beräknats på samma sätt som för energibehovet.

Resultat för arbetsmaskiner baserade på IERD

Energi - Arbetsmaskiner				
	Tvåfältsväg	Tvåfältsväg	2+1	Motorväg
	[MJ per km]	[MJ per km]	[MJ per km]	[MJ per km]
Fyll, schakt	2 487 126	2 938 493	4 125 091	11 906 444
Överbyggnad	39 272	78 598	166 371	261 362
Vägmarkeringar	21 573	21 573	32 360	43 147
SUMMA	2 547 972	3 038 664	4 323 821	12 210 952

CO₂ - Arbetsmaskiner				
	Tvåfältsväg	Tvåfältsväg	2+1	Motorväg
	[MJ per km]	[MJ per km]	[MJ per km]	[MJ per km]
Fyll, schakt	167 483	197 878	277 784	801 781
Överbyggnad	2 645	5 293	11 203	17 600
Vägmarkeringar	1 453	1 453	2 179	2 906
SUMMA	171 581	204 624	291 166	822 286

Resultat från dimensionering med PMS Objekt

Tjocklekar för olika lager [mm]	Typfall			
	Tvåfältsväg	Tvåfältsväg	2+1	Motorväg
Slitlager	45	40	40	40
Bindlager	0	0	40	40
Bärlager	0	70	70	100
Ob bärlager	80	80	80	80
Förstärkningslager	420	420	420	420

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportsystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

