



UPPSALA  
UNIVERSITET

# Förenklad LCA, Miljöteknik 5 hp, HT 2024

Personbilskaross av stål

Grupp 3: Egil Petersson, Albin Larsson, Kalle Axelsson,  
Abbas Rezai, Anthon Alexandersson

# Innehållsförteckning

<b>1 Mål och omfattning</b>	<b>2</b>
1.1 Syfte med livscykelanalysen	2
1.2 Funktionell enhet	2
1.3 Systemgränser	2
1.3.1 Geografiskt	2
1.3.2 Tid	2
1.3.3 Resursflöden	3
1.3.4 Flödesschema	3
<b>2 Inventeringsanalys</b>	<b>4</b>
2.1 Råmaterialutvinning och bearbetning	4
2.1.1 Råmaterialutvinning	4
2.1.2 Bearbetning	4
2.1.3 Utsläppssammanställning från utvinning och bearbetning	5
2.2 Tillverkning av kaross	6
2.3 Användningsfas	6
2.4 Återvinning	7
2.5 Transporter av material vid framställning	8
<b>3 Miljöpåverkansbedömning</b>	<b>8</b>
3.1 Klimatpåverkan	8
3.2 Försurning	9
3.3 Smog	9
<b>4. Tolkning</b>	<b>10</b>
4.1 Sammanfattning	10
4.2 Slutsatser och tolkningar	11
4.3 Råd och förslag	11
<b>Referenser</b>	<b>13</b>
<b>Bilagor</b>	<b>16</b>

## Tabellförteckning

Tabell 1 - Energiförbrukningen fördelad över olika processer	5
Tabell 2 - Utsläpp kopplade till järn- och stålproduktion i Sverige	6
Tabell 3 - Utsläpp från bränsleförbrukning under användningsfasen	7
Tabell 4 - Växthusgasutsläpp under återvinningsfasen	8
Tabell 5 - Utsläpp från transporter i tillverkningskedjan	8
Tabell 6 - Utsläpp och elförbrukning från respektive processfas	9
Tabell 7 - Försurning och svaveldioxidekvivalenter för den funktionella enheten	9
Tabell 8 - Utsläpp och värden relaterade till smog	10

# 1 Mål och omfattning

Tillverkningsindustrin för personbilar räknas till en av de största i världen (1) och med en övergång från fossila bränslen till elektriska framdrivningssystem, ser denna utveckling inte ut att minska. Detta då *body in whites* (färdigställd kaross utan några övriga komponenter monterade) inte kan modifieras i den utsträckning som krävs för att tillhandahålla stora och tunga batteripack, utan en ny konstruktion från grunden är nödvändigt. 2023 producerades cirka 79 miljoner personbilar globalt (2) vilket resulterar i stor miljöpåverkan genom hela kedjan, från råvarubrytning till återvinning.

## 1.1 Syfte med livscykelanalysen

Syftet med livscykelanalys (LCA) av stål som används i personbil karosser är att ge en helhetsbild av dess miljöpåverkan genom att analysera varje steg i dess livscykel, från materialutvinning och produktion till användning och återvinning. Detta för att kunna jämföra mellan karosser av olika material och vikt. För jämförelse valdes Volvo V70, 2000, som har en tjänstevikt på **1571 kg** och använder bensen som drivmedel (3). En bilkaross tillverkad av konventionellt stål väger cirka **430 kg** (ca 27 % av totalvikt), och i denna vikt ingår följande komponenter: främre skärmar (båda), främre dörrar (båda), bakre dörrar (båda), motorhuv och bagageutrymme (4).

## 1.2 Funktionell enhet

Livscykelanalysen kommer analysera miljöpåverkan som medföljer livscykeln av en bilkaross. Eftersom material varierar i densitet, så är miljöpåverkan med avseende på vikten av karossen inte av större intresse, utan i stället miljöpåverkan av en hel kaross. Livslängden av en kaross avgörs utifrån slitaget från användning, snarare än en tidsmässig livslängd. Som transportmedel är dessutom färdsträckan av intresse. En medellivslängd på 20,000 mil är ett rimligt värde och förekommer i andra livscykelanalyser av personbilar (5,6). Den funktionella enheten kommer därmed vara:

$$(kaross)^{-1}(20000mil)^{-1}$$

## 1.3 Systemgränser

För att begränsa rapporten till en *förenklad LCA*, sätts systemgränser ut enligt nedanstående underrubriker.

### 1.3.1 Geografiskt

Livscykelanalysen kommer att avgränsas geografiskt till personbilar och karosser som tillverkas i Sverige.

### 1.3.2 Tid

I livscykelanalysen räknas all tid från början av karossens tillverkning fram till att den skrotas eller återvinns. Det innefattar energi från råvarumaterialutvinning, bearbetning och produktion

samt energin som går åt vid användning av karossen. Tiden varierar beroende på en bil och kaross livslängd men i denna rapport räknas en genomsnittsbil gå cirka 20000 (5) mil innan den har förbrukats. Tiden från tillverkning till kassation varierar sen efter användning.

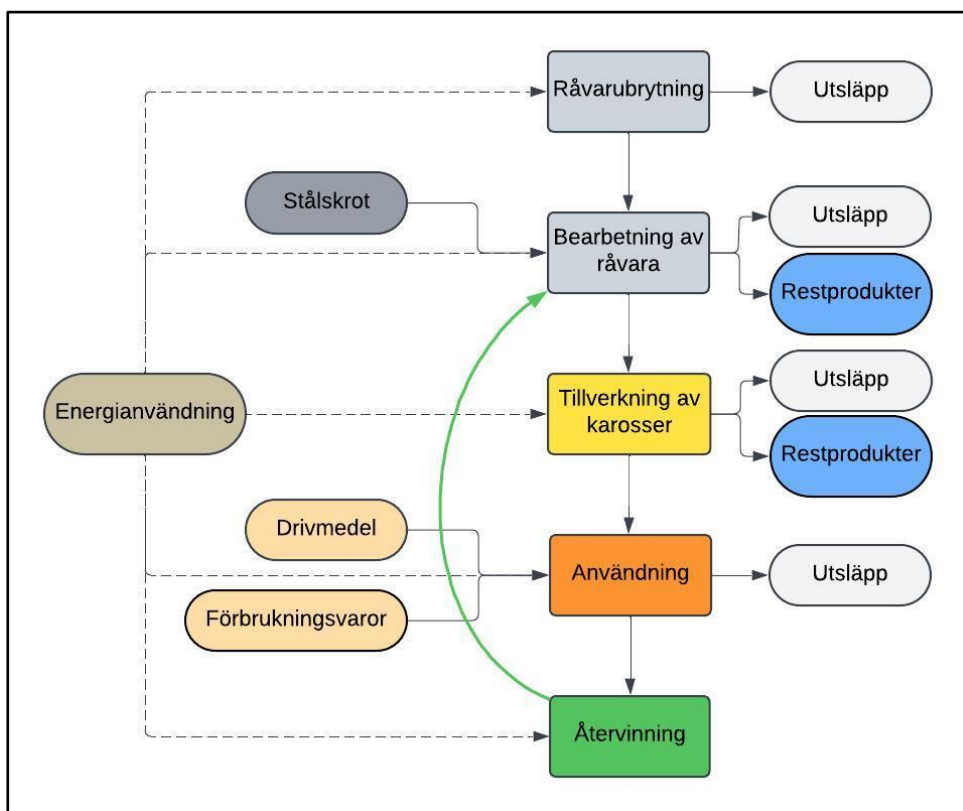
### 1.3.3 Resursflöden

Till resursflöden räknas de resurser som används för att tillverka karossen. Det innefattar direkta material som används för att bygga karossen samt indirekta förbrukningsmaterial så som lack och smörjmedel.

Den energi som används vid tillverkningens olika steg från resursutvinning till att bilen kasseras eller återvinns räknas också till resursflöden.

Stålplåt som används vid karossframställning kommer i den här analysen uppskattas att endast bestå av järn, med motiveringen att legeringsämnen endast utgör 2% av den totala vikten (7) och utsläppen från legeringsämnenas utvinning anses vara likvärdiga den för järn. Utsläpp från stålproduktionen kommer att ingå i analysen.

### 1.3.4 Flödesschema



Figur 1 – Flödesschema för systemet

## 2 Inventeringsanalys

Rapportens inventeringsanalys djupdyker inom de fem systemen som visas i figur 1 ovan, där forskningsrapporter, artiklar och tillförlitliga webbplatser ligger till grund för uträkningar och sammanställningar.

### 2.1 Råmaterialutvinning och bearbetning

#### 2.1.1 Råmaterialutvinning

Stål tillverkas huvudsakligen från järnmalm och kol. Järnmalmen bryts i gruvor och krossas sedan för att renas och öka järninnehållet. Kol används som bränsle och reduktionsmedel för att avlägsna syre från järnmalmen. Kalksten tillsätts också för att binda föroreningar och bilda slagg, en biprodukt från processen. I en masugn smälts järnmalmen tillsammans med kol och kalksten för att framställa råjärn. Därefter omvandlas råjärnet till stål genom att minska kolhalten i en särskild process. Det flytande stålet gjuts till stålslabs, som sedan bearbetas vidare till tunnplåt (8).

Sveriges totala malmproduktion stod 2023 ca 84 miljoner ton utvunnen malm. Av de 84 miljoner ton malm så var cirka 35,5 miljoner ton järnmalm (9). De totala växthusgaser som släpptes ut under 2023 i Sverige uppgick till cirka 44,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Dessa utsläpp omfattar bland annat industri, transporter, energiproduktion, jordbruk och avfall (10). Gruvbrytningen står för omkring 10% av de totala koldioxidutsläppekvivalenter inom Sveriges gränser (11).

För en kaross behövs 430 kg stål och för att tillverka den mängden stål behövs 688 kg järnmalm. Genom att bryta ut den mängden malm som krävs för en kaross ur den totala mängden malm bruten i Sverige 2023 så kan vi få fram en allokering av utsläpp kopplade till malmen för en bilkaross.

$$\frac{688 \text{ kg}}{35,5 \text{ miljoner ton malm}} = 1,93 * 10^{-8}$$

$$1,93 * 10^{-8} * 44,2 \text{ miljoner ton CO}_2 = 856 \text{ kg CO}_2 \text{eq/funtionell enhet}$$

#### 2.1.2 Bearbetning

Bearbetningen som utförs vid ståltillverkning är oftast varmbearbetning, exempelvis valsning eller smide. Det kan också ske genom kallbearbetning såsom kallvalsning. Både varm och kall bearbetning kräver mycket energi, för att uppnå specifika temperaturer samt för kraften som krävs för att uppnå specifika former och egenskaper. När önskad form har uppnåtts så krävs ofta olika typer av efterbehandlingsåtgärder som förändrar stålets egenskaper. Det kan handla om härdningar för att göra stålet starkare eller ytliga behandlingar såsom slipning eller polering som förändrar materialets yta (12).

Vidare vid tillverkning av stål släpper den svenska järnmalms- och stålindustrin ut cirka 5,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Ungefär 85 procent av dessa utsläpp uppstår vid omvandlingen av järnmalm till råjärn, där kol används som reduktionsmedel. Resterande utsläpp kommer från användningen av bränsle vid uppvärmning och värmebehandling under

olika delar av produktionsprocessen (13). År 2023 producerades det 4,3 miljoner ton råstål i Sverige (14). Vid produktion av nytt stål tillsätts en andel stålskrot vid smältprocessen som varierar utifrån stålsort. Andelen skrot kan vara upp mot 24% (15), ned till 17,5% (6), beräkningar för påverkan av andelen stålskrot tas upp under senare i rapporten under 2.4.

För att tillverka en kaross i vårt exempel behövs 430 kg stål. Genom att bryta ut den mängd som krävs för en kaross ur den totala mängden tillverkat stål i Sverige 2023 så kan vi få en estimering av hur mycket utsläpp som är kopplade till tillverkningen av en kaross.

$$\frac{430 \text{ kg}}{4,3 \text{ miljoner ton stål}} = 1 * 10^{-7} \text{ kg}$$

$$1 * 10^{-7} \text{ kg} * 5,5 \text{ miljoner ton CO}_2 = 550 \text{ kg CO}_2\text{eq/funktionell enhet}$$

### 2.1.3 Utsläppssammanställning från utvinning och bearbetning

Vid utvinning av järnmalm och tillverkning av stål så utgör koldioxid cirka 98,8% av alla utsläpp som bildas vid processerna. Övriga utsläpp består av kolmonoxid (0,21%), kväveoxid (0,12%), svaveloxid (0,17%) och metan (0,05%) (16). Genom att sammanställa utsläppen av koldioxidekvivalenter från utvinningen av järn och tillverkningen av stål kan vi sedan beräkna mängden av övriga utsläpp som är kopplade till vår funktionella enhet. Energin som går åt till dessa processer uppgår till omkring 20 TWh i Sverige årligen (17). Energin som används för järn- och stålproduktionen är en blandning av termisk och elektrisk energi, från användning av syrgasugnar respektive elektriska ljusbågsugnar. Hur energin fördelas över olika processer och per tillverkad bilkaross visas i tabell 1 (18).

Tabell 1 - Energiförbrukningen fördelad över olika processer

Process	Energi [GJ/ton]	Genomsnitt	Energi [kWh/ton]	Energi [kWh/funktionell enhet]	CO <sub>2</sub> -utsläpp [kg eq/funktionell enhet]
Flytande råjärn (5 % C)	13-14	13,5	3750,03	1612,5	67,73
Flytande stål (BOF*)	10,5-11,5	11	3055,58	1313,9	55,18
Flytande stål (EAF**)	2,1-2,4	2,25	625	268,8	11,29
Varmvalsning (platt)	2,0-2,4	2,2	611,12	262,8	11,04
Kallvalsning (platt)	1,0-1,4	1,2	333,34	143,3	6,02
18-8 rostfritt stål (smältning)	1,2	1,2	333,34	143,3	6,02
<b>Summa:</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>8708,41</b>	<b>3744,6</b>	<b>157,28</b>

Data hämtad från (17,18)

\*Basic Oxygen Furnace: Grundläggande syrgasugn

\*\*Electric Arc Furnace: Elektrisk ljusbågsugn

De totala utsläppen från järn- och stålproduktionen visas i tabellerna nedan.

$$44,2 \text{ Miljoner ton } CO_2 + 5,5 \text{ miljoner ton } CO_2 = 49,7 \text{ miljoner ton } CO_{2eq}$$

Vidare kan vi koppla samtliga utsläpp till vår funktionella enhet för att beräkna mängden av varje utsläpp i relation till en bilkaross, se tabell 2.

$$856 \text{ kg } CO_2 + 550 \text{ kg } CO_2 = 1406 \text{ kg } CO_{2eq}/\text{funktionell enhet}$$

Tabell 2 - Utsläpp kopplade till järn- och stålproduktion i Sverige

Emissioner till luft	Andel [%]	Utsläpp i CO <sub>2</sub> -eq [Mton]	Utsläpp [kg/funktionell enhet]
Koldioxid	98,80	49,10	1389,13
Koldmonoxid	0,21	0,10	2,95
Kväveoxid	0,12	0,06	1,69
Svaveloxid	0,17	0,08	2,39
Metan	0,05	0,03	0,70
Koldioxidekvivalenter	100	49,70	1406,00

Data hämtad från (16)

## 2.2 Tillverkning av kaross

Efter att råmaterialet har bearbetats skall stålmaterialet konstrueras ihop till en kaross genom exempelvis gjutning, stansning och svetsning. Processtegen vid tillverkning av stålkarosser har väletablerade metoder, vilket medför att energiförbrukningen för berörda maskiner (ugnar, industrirobotar och andra system) är förhållandevis optimerade och därmed lägre än vid karosser tillverkade av exempelvis aluminium eller kompositmaterial (19). För en stålkaross om ca 430 kg (inklusive framskärmar, dörrar, motorhuv och bagagelucka) beräknas den elektriska förbrukningen vid tillverkning enligt Sun m.fl. landa omkring 96 kWh (4). Då denna rapport fokuserar på svensktillverkade karosser (20), medför detta ett utsläpp av ca 4 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter enligt nedanstående uträkning.

$$42 \text{ g } \frac{CO_{2eq}}{kWh} * 96 \frac{kWh}{kaross} = 4032 \text{ g } \frac{CO_{2eq}}{kaross}$$

## 2.3 Användningsfas

Utsläppen av växthusgaser under användningsfasen kommer från förbränning av drivmedlet bensin. Omfattningen av utsläppen är direkt kopplade till bränsleförbrukningen, som i sin tur till viss del beror på bilens vikt.

I fallet som studeras i den här rapporten är tjänste- och karossvikten för bilen 1571 kg respektive 480 kg. Vilket för given bilmodell (Volvo V70 II T5, årgång 2000) ger en bränsleförbrukning på 9,4 L/100 km vid blandad körning (3). Detta resulterar i de utsläpp som återfinns i tabell 3, efter uträkningar med Ekvation 1–2, där karakteriseringsfaktor går att finna i bilaga 1.



$$\text{Omvandlingsfaktor} = \text{Distans} * \frac{\text{Karossens vikt}}{\text{Tjänstevikt}} = 200000 \text{ km} * \frac{480 \text{ kg}}{1571 \text{ kg}} = 61108$$

*Ekvation 1*

$$\text{Mängd utsläpp} * \text{Omvandlingsfaktor} * \text{Karakteriseringsfaktor} = \frac{\text{Total mängd}}{\text{Funktionell enhet}}$$

*Ekvation 2*

Tabell 3 - Utsläpp från bränsleförbrukning under användningsfasen

Emissioner till luft	Andel [%]	Total mängd [kg/funktionell enhet]
Koldioxid [CO <sub>2</sub> ]	225	13700
Koldmonoxid [CO]	0,678	41

Data hämtad från (21)

Andra biprodukter som uppstår vid förbränningen i bilens motor renas effektivt bort med dagens moderna katalysatorer.

## 2.4 Återvinning

När ett fordon avslutar sin livstid och når graven, går en betydande del av fordonets vikt till återvinning i Sverige. Återvinningsprocessen sker först genom demontering av större komponenter, varpå endast chassit och karossen återstår. Dessa bryts ned med en fragmenteringsmaskin till mindre bitar så att ämnen kan separeras, järnhaltiga metaller, aluminium, koppar och icke-återvinningsbara rester. Av stålet i fordon återvinns 95% (22).

Användning av stålskrot i stället för ny malm för att tillverka ett ton av nya stålprodukter kan minska utsläpp med 1,67 ton koldioxidekvivalenter och spara 72% av energin som krävs, vilket motsvarar 4,697 kWh/ton (23).

Vid tillverkning av stål för lätta fordon används 24% stålskrot (15) enligt Liu et al. Enligt en livscykelanalys på en Volvo EX30 används till beräkningar att 17,5% är stålskrot (6). Det senare mer konservativa värdet kommer utnyttjas till beräkningar för att inte överskatta påverkan av återvinning. Då ingående material vid nyproduktion är 17,5%, beaktas endast koldioxid- och energibesparingen från denna andel av det återvunna stålskrotet, trots att 95% av stålskrotet återvinns.

För att beräkna besparingen av koldioxidekvivalenter används därmed följande: andelen av karossen som återvinns (95%), andelen som utnyttjas vid produktion av nya stålkarosser (17,5%), vikt av karossen samt besparingen av CO<sub>2</sub>-eq per kg återvunnet stål, enligt följande:

$$0,95 * 0,175 * 430 \text{ kg}_{St} * \frac{1,67 \text{ kg}_{CO_2eq}}{\text{kg}_{St}} = 119,4 \text{ kg}_{CO_2eq}$$

En energibesparing per kaross som återvinns kan på liknande vis beräknas:

$$0,95 * 430 \text{ kg}_{St} * 4,697 \text{ kWh kg}_{St}^{-1} * 0,175 = 336 \text{ kWh}$$

Tabell 4 - Växthusgasutsläpp under återvinningsfasen

Typ av besparing	Per kg återvunnet stål	Per funktionell enhet
Energi	4,697 kWh	336 kWh
CO <sub>2</sub> -eq	1,67 kg	119,4 kg

Data hämtad från Euric Metal Recycling Factsheet (23)

## 2.5 Transporter av material vid framställning

Vid tillverkning av 1 ton stål behövs det ca 1,6 ton järnmalm. Men mängden kan variera något beroende på kvaliteten på järnmalm och vilken tillverkningsprocess som används (24). För att tillverka en bilkaross krävs det ca 430 kg stål (4).

Sveriges största järnmalmsbrytning sker i gruvorna i Kiruna, som är bland de mest betydelsefulla för landets gruvindustri (25). Järnmalmen som bryts i gruvorna i Kiruna transporteras till Borlänge med tåg för att omvandlas till stål. Utsläppen från transporten av 688 kg järnmalm som behövs för att tillverka en bilkaross har beräknats med hjälp av *NTM Calc* som presenteras i Tabell 5. Stålet transporteras sedan till Göteborg, där det används för att tillverka bilkarosser. Utsläppen från transporten av de 430 kg stål som krävs för att producera en bilkaross presenteras i tabell 5.

Tabell 5 - Utsläpp från transporter i tillverkningskedjan

## 3 Miljöpåverkansbedömning

Oavsett om en LCA behandlar produkter, livsmedel eller sjukvårdsartiklar, sker alltid en påverkan på miljön på ett eller annat sätt. Detta kapitel i denna förenklade rapport kommer att fokusera på tre olika miljöpåverkanskategorier vid tillverkning av stålkaross enligt nedanstående underkapitel.

### 3.1 Klimatpåverkan

Vid råmaterialutvinning, bearbetning, tillverkning, användningsfas och transport av material vid framställning sker förbrukning av energi som på olika sätt leder till utsläpp av växthusgaser. Användningsfasen bidrar till det absolut största delen av utsläppet. Återvinningsfasen av karossen leder till en besparing av både utsläpp och elförbrukning, vilket i tabell x uttrycks som ett negativt bidrag till summan.

Enligt *Electricitymap.org* leder elförbrukningen till ett utsläpp av 42g CO<sub>2</sub>-eq/kWh i Sverige, 2023. Elförbrukningen av 3504,60 kWh motsvarar därav ett potentiellt utsläpp av 147 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Tabell 6 - Utsläpp och elförbrukning från respektive processfas

Process	Mängd CO <sub>2</sub> [kg/funktionell enhet]	Elförbrukning [kWh/funktionell enhet]
Råmaterialutvinning	856	-
Bearbetning	550	3744,6*
Tillverkning av kaross	4	96
Användningsfas	13700	-
Återvinning	-119,4	-336
Materialtransport	13,46	-
<b>Summa:</b>	<b>15004,06</b>	<b>3504,60</b>

\*Innefattar energiåtgång från råvaruutvinning och bearbetning

### 3.2 Försurning

Av koldioxidutsläppet som talades om under 3.1 så absorberas en del genom växtlighet, men en stor del absorberas av havet, en årlig ökning av 1.4 PgC under 1990-talet (26). Detta har varit en av orsakerna till att PH-nivåerna succesivt sjunkit från 8.11 1985 till 8.05 i 2021 (27). Den ökande syrligheten av haven minskar bildandet av kalciumkarbonat, vilket försvagar skalbildandet hos skaldjur och levande korallrev som vars yta har halverat på senaste tre decennier (28). Svaveldioxid, kväveoxider och ammonium är stora bidragare till försurning av både mark och vattendrag (29).

Tabell 7 - Försurning och svaveldioxidekvivalenter för den funktionell enheten

Ämne	Kväveoxid	Svaveloxid	Ammonium	Summa [SO <sub>2</sub> -eq]
Materialutvinning och bearbetning	0,77	1,09	-	1,63
Användningsfas	2,5	-	-	1,75
SO <sub>2</sub> -ekvivalensfaktor [kg eq-SO <sub>2</sub> ]	0,7	1	0,89	-
<b>Summa:</b>	<b>3,97</b>	<b>2,09</b>	<b>-</b>	<b>3,38</b>

### 3.3 Smog

Smog (från engelskans *smoke* och *fog*) är en synlig och doftande gas, till största delen bestående av kväveoxider men också svaveloxider och andra luftburna partiklar, som reagerat med syret i luften och solens ljus. Denna kemiska reaktion bildar ozon (30,31), där den marknära andelen är bland annat irriterande och skadligt för slemhinnorna i luftvägarna hos både människor och djur. Sett i nedanstående tabell 8 på nästkommande sida, utgörs nästan allt utsläpp av smog ifrån användandet av en kaross (alltså vid en färdig personbil). Svaveloxider har en kylande effekt och beräknas ej med hjälp av en GWP-faktor (Global Warming Potential), därför har den exkluderats.

Tabell 8 - Utsläpp och värden relaterade till smog

Process	CO <sub>2</sub> -eq [kg]	NO <sub>x</sub> [CO <sub>2</sub> -eq]	Summa [kg]	Procent [%]
Råmaterialutvinning	856	0,3	856,3	5,689
Bearbetning	550	1,8	551,8	3,666
Tillverkning av kaross	4	0,01	4,01	0,027
Användningsfas	13700	46	13746	91,325
Återvinning	-119,4	-0,4	-119,8	-0,796
Materialtransport	13,46	0,05	13,51	0,090
<b>Summa:</b>	<b>15004,06</b>	<b>47,76</b>	<b>15051,82</b>	<b>100</b>

Data hämtad från kapitel 2.1–2.5

## 4. Tolkning

### 4.1 Sammanfattning

I inventeringsanalysen och miljöpåverkansbedömningen ser vi vad varje steg i processen orsakar i mängd av utsläpp samt hur dessa utsläpp har en inverkan på miljön. De olika stegen bidrar på olika sätt beroende på vilken typ av utsläpp som släpps ut i samband med processen.

#### Råmaterialutvinning och bearbetning

Processerna för att utvinna material och bearbeta den är energikrävande processer som bidrar till betydande koldioxidutsläpp. Utsläppen kommer framför allt vid utvinningen av materialen när malmen bryts men också vid användningen av kol som reduktionsmedel i masugnar och den energiintensiva bearbetningen. Totala mängden utsläpp för dessa steg per funktionell enhet uppgår till 1406 kg CO<sub>2</sub>-eq, vilket är en betydande del av livscykelns totala utsläpp. Gruvdrift och ståltillverkning orsakar utsläpp av svavel- och kväveoxider som båda bidrar till förorening av mark och vatten, samt smog.

#### Tillverkning av kaross

Vid karosstillverkning ingår processer som framför allt nyttjar el för att forma stålet till en kaross. Energiförbrukningen för att forma och sätta samman stålmaterialiet bidrar med endast 4 kg CO<sub>2</sub>-eq. Detta är relativt lågt tack vare de låga mängder utsläpp från Sveriges fossilfattiga elproduktion. I denna livscykelanalys granskas endast karosser som tillverkas i Sverige. Tillverkning av karosser i ett land med en annan typ av elmix, där exempelvis mycket kol används, så skulle detta steg av processen ha ett större bidrag av utsläpp.

#### Användningsfasen

Vid användning av karossen finns den absolut största andelen utsläpp kopplade till den funktionella enhet, hela 91,3 % av de totala CO<sub>2</sub>-utsläppen. Dessa utsläpp beror till största del på bränsleförbrukningen som beror på faktorer som vilken typ av motor som används för att driva fordonet, vilket bränsle som nyttjas och bilens vikt. Karossens bidrag tillkommer i form av just dess vikt som fordonet behöver förflytta. Användningsfasen av karossen bidrar starkt till alla aspekter i miljöpåverkansbedömningen och är klart den tyngsta posten när det kommer till negativ miljöpåverkan.

### Återvinning

Återvinning av stål reducerar utsläppen för utvinning och bearbetning då det minskar behovet av nytt stål. Återvinningen ger en besparing på 119 kg CO<sub>2</sub>-eq per kaross och har därmed en positiv inverkan i miljöpåverkansbedömningen.

## 4.2 Slutsatser och tolkningar

Rapporten har visat att med lokal utvinning, transport och produktion av stål, utgör tillverkningen av karosser en ytterst liten del av utsläppen under hela livscykeln hos en personbil. Framdrivningssystemet som utgjort grunden för ovanstående beräkningar och uppskattningar menar på att användningsfasen under 20000 mil är den fas då den allra största klimatpåverkan sker. Om exempelvis ett elektriskt framdrivningssystem analyserats, är det sannolikt att fördelningen av utsläppen inom rapportens systemgränser sett helt annorlunda ut då utsläppen från en elbil vid användning är att anses vara mycket nära noll.

Så även om andelen utsläpp i de olika stegen, utöver användningsfasen, vid en första anblick ser ut att vara låga, så är de långt ifrån obetydliga:

Om ännu mer stål kan återvinnas kommer utsläppen främst i utvinningsfasen att minskas, men en förändring till det lägre är att vänta även vid bearbetning då ingen förädling av grundämnen behöver ske i samma utsträckning. Ersätts i stället stålet som analyserats i rapporten med högfasthetsstål, medför detta en lägre materialkonsumtion eftersom säkerhets- och hållfasthetskraven på karossen fortsatt uppnås.

En annan synvinkel för att nå lägre utsläpp från tillverkningsstegen kan intas, det är att utforma bilen för att förlänga dess livslängd; att bygga den av mer robusta komponenter och att göra den mer underhållningsbar. Den funktionella enheten ändras då vilket medför att utsläppen från tillverkningen kommer då att slås ut på flera kilometer och därmed bli lägre.

## 4.3 Råd och förslag

- Mer återvinning – bearbetning

Som synes i tabell 8 utgör råvaruutvinningen av stål och dess bearbetning cirka 9% av karossens totala utsläppsmängd av koldioxidekvivalenter, vilket gör dem till de områden där förbättringsåtgärder kommer att ha mest positiv påverkan. Att fokusera på att implementera mer återvunnet material i tillverkningsprocessen av personbilskarossen kommer generera en stor minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp vilket är högst önskvärt. Dock måste hållfasthetsaspekterna fortsatt beaktas så att säkerhetsburen som utgör merparten av karossens huvudfokus inte kompromissas, där förar- och passagerarsäkerhet är dess huvudfokus.

- Lättare material

Som tidigare konstaterats är användningsfasen den fas som står för störst andel utsläpp under bilens livscykel, och en given åtgärd för att minska denna påverkan är att sänka karossens vikt, vilket i förlängningen ger en lägre bränsleförbrukning eftersom en mindre mängd massa förflyttas. Omständigheter som försvårar denna viktminskning är att karossen utgör en så pass viktig roll i att göra bilen säker, och i och med det ställs höga krav på karossens statiska och dynamiska hållfasthet. Detta innebär att ett lättare kaross fortsatt måste vara lika hållfast.

- Förnybar energi – generell

Energi är en viktig del av stålproduktionen eftersom stora mängder energi krävs för att utvinna, smälta och bearbeta råmaterial. För det mesta används fossila bränslen, som kol, i denna process, vilket leder till höga koldioxidutsläpp. Genom att byta ut fossila bränslen mot förnybara energikällor som solkraft, vindkraft eller vattenkraft kan koldioxidutsläppen minskas betydligt. Dessutom är förnybar energi en långsiktig lösning, vilket minskar stålindustrins beroende av fossila bränslen och skapar en mer stabil energiförsörjning. Förnybar energi minskar också de negativa miljöpåverkan, som global uppvärmning, försurning och luftföroreningar. Det gör produktionsprocessen renare och mer hållbar.

- Biokol som reduktionsmedel – bearbetning

Vid stålproduktionen används fossilt kol som bränsle och reduktionsmedel, vilket ger upphov till stora koldioxidutsläpp. Biokol kan vara en alternativ lösning för att göra stålproduktionen mer hållbar i framtiden. Biokol produceras genom en process som kallas pyrolys, där organiskt material, oftast biomassa som trä, jordbruksrester eller annat organiskt avfall, hettas upp i en syrefri miljö. Än så länge finns det ingen storskalig produktion av biokol i Sverige, men det finns hopp om att produktionen kommer att öka i framtiden. Den största fördelen med biokol är att det är en förnybar resurs, eftersom det tillverkas av biomassa som ständigt förnyas. Detta gör biokol till en långsiktig lösning för att minska beroendet av fossila bränslen. Dessutom finns det möjlighet att biokol kan produceras lokalt från restprodukter inom jordbruk och skogsbruk, vilket minskar behovet av att importera fossilt kol och därmed även koldioxidutsläppen. Trots dessa fördelar finns det förstås vissa utmaningar med att använda biokol i stålproduktionen, som måste beaktas vid implementeringen.

## Referenser

1. Statista [Internet]. [citerad 15 november 2024]. Manufacturing - Worldwide | Statista Market Forecast. Tillgänglig vid: <https://www.statista.com/outlook/io/manufacturing/worldwide>
2. Statista [Internet]. [citerad 15 november 2024]. Auto production - global market share by region. Tillgänglig vid: <https://www.statista.com/statistics/277055/global-market-share-of-regions-on-auto-production/>
3. Specifikationer för Volvo V70 II T5 [Internet]. [citerad 26 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.ultimatespecs.com/se/car-specs/Volvo/4680/Volvo-V70-II-T5.html>
4. Sun X, Meng F, Liu J, McKechnie J, Yang J. Life cycle energy use and greenhouse gas emission of lightweight vehicle – A body-in-white design. J Clean Prod. 20 maj 2019;220:1–8.
5. Weymar E, Finkbeiner M. Statistical analysis of empirical lifetime mileage data for automotive LCA. Int J Life Cycle Assess. 01 februari 2016;21.
6. Volvo EX30 - Carbon Footprint Report [Internet]. [citerad 15 november 2024]. Tillgänglig vid: [https://www.volvocars.com/images/v/-/media/Project/ContentPlatform/data/media/sustainability/volvo\\_ex30\\_carbonfootprintreport1.pdf](https://www.volvocars.com/images/v/-/media/Project/ContentPlatform/data/media/sustainability/volvo_ex30_carbonfootprintreport1.pdf)
7. DOCOL 500DP data sheet.
8. Metallkompetens [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Från malm till stål. Tillgänglig vid: <https://www.metallkompetens.se/handbok/7-energi-och-ugnsteknik/produktionsvagar-och-energifloden/fran-malm-till-stal/>
9. SGU – Malmproduktion och trender [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.sgu.se/mineralnaring/mineralstatistik/malmproduktion-och-trender/>
10. Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/>
11. Naturskyddsföreningen [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Gruvindustrins gruvligaste effekter på natur och människor. Tillgänglig vid: <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/gruvinindustrins-gruvligaste-effekter-pa-natur-och-manniskor/>
12. Processer - Jernkontoret [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Processer. Tillgänglig vid: <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/processer/>
13. Fossilfritt Sverige [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Stålindustrin. Tillgänglig vid: <https://fossilfrittssverige.se/roadmap/stalindustrin/>
14. Produktion - Jernkontoret [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Produktion. Tillgänglig vid: <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/produktion/>
15. Liu J, Daigo I, Panasiuk D, Dunuwila P, Hamada K, Hoshino T. Impact of recycling effect in comparative life cycle assessment for materials selection - A case study of light-weighting vehicles. J Clean Prod. maj 2022;349:131317.

16. Mallinger K, Mergili M. The global iron industry and the Anthropocene. *Anthr Rev*. 01 april 2022;9(1):52–70.
17. Energianvändning - Jernkontoret [Internet]. [citerad 29 november 2024]. Energianvändning. Tillgänglig vid: <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/energianvandning/>
18. itp-steel-theoretical-minimum-energies-produce-steel-selected-conditions-march.pdf [Internet]. [citerad 30 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.energy.gov/eere/amo/articles/itp-steel-theoretical-minimum-energies-produce-steel-selected-conditions-march>
19. Mayyas AT, Qattawi A, Mayyas AR, Omar MA. Life cycle assessment-based selection for a sustainable lightweight body-in-white design. *Energy*. 01 mars 2012;39(1):412–25.
20. Maps E. Live 24/7 CO<sub>2</sub> emissions of electricity consumption [Internet]. 2024 [citerad 27 november 2024]. Tillgänglig vid: <http://electricitymap.tmrow.co>
21. Emissions and MPG info for Volvo New V70 Model Year 2001 - 02 T5 (2001, 2.4L) - EmissionsFinder [Internet]. [citerad 26 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.emissionsfinder.com/volvo-new-v70-model-year-2001-02-t5-24cc>
22. By-products, scrap and the circular economy | ArcelorMittal [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://corporate.arcelormittal.com/sustainability/by-products-scrap-and-the-circular-economy/>
23. Euric Metal Recycling Factsheet [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Tillgänglig vid: [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/euric\\_metal\\_recycling\\_factsheet.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/euric_metal_recycling_factsheet.pdf)
24. Iron ore | BHP [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.bhp.com/what-we-do/products/iron-ore>
25. LKAB [Internet]. [citerad 25 november 2024]. Från gruva till hamn. Tillgänglig vid: <https://lkab.com/vad-vi-gor/fran-gruva-till-hamn/>
26. (PDF) Balancing the Global Carbon Budget. ResearchGate [Internet]. 22 oktober 2024 [citerad 25 november 2024]; Tillgänglig vid: [https://www.researchgate.net/publication/216811779\\_Balancing\\_the\\_Global\\_Carbon\\_Budget](https://www.researchgate.net/publication/216811779_Balancing_the_Global_Carbon_Budget)
27. Ocean acidification [Internet]. 2024 [citerad 25 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/ocean-acidification>
28. Fisheries N. NOAA. 2023 [citerad 25 november 2024]. Understanding Ocean Acidification | NOAA Fisheries. Tillgänglig vid: <https://www.fisheries.noaa.gov/insight/understanding-ocean-acidification>
29. European Environment Agency [Internet]. [citerad 29 november 2024]. 31. Acidification. Tillgänglig vid: <https://www.eea.europa.eu/publications/92-826-5409-5/page031new.html>
30. Fakta om kväveoxider i luft [Internet]. [citerad 27 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/luft/luftfororeningar-och-dess-effekter/fakta-om-kvaveoxider-i-luft/>
31. Smog. I: Wikipedia [Internet]. 2024 [citerad 27 november 2024]. Tillgänglig vid: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Smog&oldid=1258360680>



32. Conversion Factors for Hydrocarbon Emission Components (EPA-420-R-05-015, December 2005). 2005;
33. Magnusson, Ann. Föreläsning - Projektuppstart LCA [Internet]. Seminarium 1 - LCA; 2024 nov 14; Uppsala. Tillgänglig vid:  
[https://uppsala.instructure.com/courses/94703/files/7606047/download?download\\_frd=1](https://uppsala.instructure.com/courses/94703/files/7606047/download?download_frd=1)
34. GHK. ANNEX 5 ENVIRONMENTAL IMPACTS ANALYSED AND CHARACTERISATION FACTORS [Internet]. [citerad 02 december 2024]. Tillgänglig vid:  
<https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/study/annex5.pdf>

## Bilagor

*Bilaga 1 - Omvandlingsfaktorer för utsläpp till kategoriindikatorer*

		Karakteriseringsfaktorer		
Emissioner till luft, kg	Ekvivalensfaktor	1. GWP (CO <sub>2</sub> ekv. /kg)	2. Förurning [kg SO <sub>2</sub> eq /kg]	3. Smog (kg NMVOC /kg)
CO <sub>2</sub>	GWP	1		
CO	GWP	3		
NO <sub>x</sub>	GWP, Förurning	298	0,70	
THC	NMVOC			0,933

*Data hämtat från (32–34)*