

# Energibruk og utslipp ved produksjon av personbiler

Notat

Morten Simonsen

Vestlandsforskning

06.02.2009

## Innhold

Innledning .....	3
LCA-analyse .....	3
Materialer .....	5
Energibruk.....	7
Utslipp.....	7

## Tabeller

Tabell 1 Materialsammensetning av ulike modeller av Golf A4 # .....	5
Tabell 2 Materialsammensetning Ford S-Max .....	5
Tabell 3 Utvinning av råstoff for framstilling av materialer til produksjon av Golf A4 .....	6
Tabell 4 Forbruk av primærenergikilder for framstilling av materialer og produksjon av Golf A4 .....	7
Tabell 5 Utslipp fra framstilling av materialer til og produksjon av Golf A4 .....	7
Tabell 6 Utslipp ved produksjon av ulike typer Ford.....	8
Tabell 7 GWP for Golf A4 Ottomotor, 55 kW over alle livssykluser .....	9
Tabell 8 Utslipp av klimagasser ved produksjon av Golf A4 målt med GWP-verdier. ....	9
Tabell 9 Utslipp av CO <sub>2</sub> -ekvivalenter (GWP) ved produksjon av ulike biltyper. ....	10
Tabell 10 Avfallsmengder ved skrotning av Golf A4 .....	12

## Figurer

Figur 1 Sammenheng mellom motorytelse (kW) og utslipp av CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	11
Figur 2 Sammenheng mellom vekt (kg) og utslipp av CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	11

# Innledning

Med produksjon av biler vil vi i dette dokumentet inkludere følgende prosesser:

- Utvinning av råstoff.
- Fabrikasjon av materialer til bilproduksjon.
- Sammensetting og produksjon av deler i bilfabrikk.
- Skroting av kjøretøy.

Det betyr at følgende prosesser og produkter *ikke* er en del av denne analysen:

- Bruk av bil.
- Vedlikehold av bil.
- Produksjon og distribusjon av drivstoff til bil.
- Konstruksjon av bilfabrikk eller produksjon av verktøy som blir brukt i bilproduksjonen.

Vi følger her definisjonen av systemgrenser for transportmiddel og deres infrastruktur som er gitt i Høyer (1992)<sup>1</sup>. Her skiller det mellom tre hovedelement i analysen av Energiforbruk ved persontransport:

1. Direkte energi, energiforbruk ved framdrift av transportmiddelet som benyttes.
2. Brutto direkte energi, energiforbruk ved utvinning, produksjon, transport og distribusjon av transportmiddelets drivstoff.
3. Indirekte energi, energiforbruk ved konstruksjon av transportmiddelets infrastruktur og energiforbruk ved produksjon og vedlikehold av transportmidlene som bruker denne infrastrukturen.

Vi skal i dette dokumentet konsentrere oss om tre miljøvirkninger av bilproduksjon:

- Energibruk.
- Utslipp av klimagasser, f eks målt som Global Warming Potential (GWP).
- Utslipp av gasser med lokalt helseskadelig potensial, f eks målt som POCP, Photochemical Ozone Creation Potential. Dette er utslipp av gasser som NO<sub>x</sub> og VOC som danner "smog", ozon på bakkenivå som forringer luftkvaliteten.

## LCA-analyse

Vi skal bruke LCA-analyse til å analysere produksjon av bil. En slik analyse deler produksjonen inn i ulike steg som avløser hverandre helt til bilen skal skrotes. Først må råstoff utvinnes. Deretter må

---

<sup>1</sup> Høyer, K.G.: *Persontransport – konsekvenser for energi og miljø*, Rapport 1/93, Vestlandsforskning, Sogndal 1993, side xiii (sammendrag).

materialer framstilles. Så må deler til bilen produseres, enten i en bilfabrikk eller av underleverandører. Deretter blir bilen satt sammen i bilfabrikken og er klar til bruk. Etter at bilen ikke kan brukes lenger blir den skrotet. Alle disse prosessene følger en tidslinje hvor en prosess må ferdigstilles før en annen kan overta. En slik analyse blir også kalt "vugge-til-grav" analyse<sup>2</sup>.

En LCA-analyse har fire distinkte faser:

1. Formulering av problemområde, bestemmelse av den funksjonelle enhet. I vårt tilfelle er den funksjonelle enheten personbilen. Et vesentlig element i denne fasen er bestemmelse av systemgrensene, det vil si hvilke produkter prosesser som skal inkluderes i analysen og gruppering av disse produkter og prosesser.
2. Livssyklus-katalog. Utvikling av en modell som beskriver de elementer som inngår i de prosessene som skal analyseres. Deretter blir data samlet inn og verifisert i henhold til denne modellen. Innsamlede må være relevante i henhold til de virkninger som skal studeres.
3. Tallfesting av relevante virkninger for hvert enkelt element som det samles inn data for. Denne fasen inkluderer normalisering av data slik at de kan sammenliknes og veiing av dem om ulike virkninger skal vurderes opp mot hverandre. Normalisering innebærer at relevante virkninger som hører måles etter den samme enhet. Eksempel kan være utslipp av klimagasser som grupperes sammen i Global Warming Potential, et samlet mål på utslipp av klimagasser hvor alle klimagasser måles etter samme enhet, vanligvis CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.
4. Tolking av resultater.

Schweimer og Levin formulerer en modell for analyse av konstruksjon av personbilen<sup>3</sup> Golf A4 laget av Volkswagen. Denne modellen inneholder planer, basis-prosesser og moduler. En plan er en organisering av prosesser som leder til et produkt. Planer må inneholde minst to basis-prosesser eller en modul. En basis-prosesser er den enkeltstående prosessen som leder til et bestemt produkt. En basis-prosesser kan ikke deles inn i andre basis-prosesser. En basis-prosesser er udelelig og følgelig en atomær prosesser. En modul er en basis-prosesser med "global" gyldighet. Med dette menes at en modul kan være en del av flere planer. Transport på lastebil er en modul som inngår sammen med en basis-prosesser i en bestemt plan, for eksempel produksjon av en veivaksel som er det eksempelet Schweimer og Levin viser til. Den samme modulen, transport med lastebil, kan inngå i andre planer, men da koplet sammen med andre basis-prosesser og med andre måleverdier. En modul kan ikke inngå i en annen modul, bare i en plan.

Planer kan inngå i hverandre. Planer kan ordnes hierarkisk i en tre-struktur hvor treet snus på hodet med rota i toppen. Hver grein i treet er en ny plan som er en del av planen på nivået over. På laveste nivå i treet inneholder planen basis-prosesser og moduler. Disse blir målt og tallfestet. Planer kan aggregeres på ulike nivå i treet. Det øverste nivået på treet, rota, er selve den funksjonelle enheten som i dette tilfellet er personbilen. Aggregerte verdier for dette nivået er målinger som gjelder for hele personbilen. Men alle aggregeringer er et resultat av målinger gjort på det laveste nivå, for

---

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Life\\_cycle\\_assessment](http://en.wikipedia.org/wiki/Life_cycle_assessment)

<sup>3</sup> Schweimer, G.W. og Levin, M.: *Sachbilanz des Golf A4*, [http://www.volkswagen.de/etc/medialib/vwcms/virtualmaster/de/Unternehmen/mobilitaet\\_und\\_nachhaltigkeit/downloads/umweltbilanz.Par.0001.File.pdf](http://www.volkswagen.de/etc/medialib/vwcms/virtualmaster/de/Unternehmen/mobilitaet_und_nachhaltigkeit/downloads/umweltbilanz.Par.0001.File.pdf)

basis-prosesser og moduler. På denne måten utføres en bottom-up, en prosessanalyse, for hele personbilen.

I dette dokumentet vil vi se på aggregerte verdier for en personbil på øverste plan, produksjon av en personbil. Vi vil sammenlikne verdier fra Golf A4 med verdier for Ford S-Max så langt det lar seg gjøre<sup>4</sup>. Tabell 1 viser materialsammensetningen av en Golf A4 i en bensinmodell og en dieselmodell. Tabell 2 viser materialsammensetningen av Ford S-Max i bensin- og dieselmodell. Golf er en liten personbil mens S-Max er en større familiebil, et såkalt multi-funksjonelt kjøretøy ("multi-purpose vehicle", MPV).

## Materialer

Tabell 1 Materialsammensetning av ulike modeller av Golf A4<sup>#</sup>

	Golf A4 Ottomotor	Golf A4 Diesel	Golf A4 Ottomotor	Golf A4 Diesel
	kg	kg	%	%
Stål og jern	634	722	60 %	61 %
Syntetiske stoffer	167	182	16 %	15 %
Lettmetaller	52	50	5 %	4 %
Glass	30	30	3 %	3 %
Elektroniske deler inkl kabler	24,9	25,2	2 %	2 %
Gummi	44	44	4 %	4 %
Isolasjon	16,3	16,4	2 %	1 %
SUM	1059	1181		

Tabell 2 Materialsammensetning Ford S-Max

	Ford S-Max bensin	Ford S-Max med diesel med partikkelfilter	Ford S-Max bensin	Ford S-Max med diesel med partikkelfilter
	kg	kg	%	%
Jernholdige materialer	949	981	54 %	56 %
Andre metaller	206	244	12 %	14 %
Glass og keramikk	50	50	3 %	3 %
Plastikk og gummi	314	329	18 %	19 %
Sum	1744	1744		

<sup>4</sup> Tall for Golf A4 bensin og dieselutgave er hentet fra Schweimer og Levin. Tall for Ford S-Max er hentet fra Ford Motor Company: Product Sustainability Index (PSI), <http://www.ford.com/doc/sr07-ford-psi.pdf>

For å lage materialer til en personbil trengs det en viss mengde råstoff. Tabell 3 viser hvilke mengder av ulike råstoff som må utvinnes for å framstille materialer til ulike modeller av Golf A4<sup>5</sup>. Kalkstein blir brukt til produksjon av glass. Bauxitt er råstoff til produksjon av aluminium. Platinagruppemalm brukes til utvinning av palladium og platinum som brukes i katalysatorer i biler. Disse katalysatorer kan konvertere 90% av helseskadelige gasser fra bil-eksos til mindre helseskadelige gasser. Hydrokarboner blir til nitrogen, karbonmonoksid til karbondioksid og nitrogenoksid til vanndamp<sup>6</sup>.

Steinsalt brukes til framstilling av PVC som brukes i instrumentpanelet, i dørkledninger, dørhandtak, armlener og seter. I tillegg brukes PVC til beskyttelse av elektrokabler, til beskyttelse mot rust og mot steinsprut mot understellet<sup>7</sup>. I en moderne bil er det omlag 10-15 kg PVC. En Audi A8 har 5,4 kg PVC til kabelbeskyttelse, 4 kg til ulike formdeler, 0,9 kg til instrumentpanel og 5 kg til beskyttelse av understellet og til tetningsmiddel<sup>8</sup>. Krom blir brukt som legeringselement i rustfritt stål og i lettmetallfelger.

Tabell 3 Utvinning av råstoff for framstilling av materialer til produksjon av Golf A4<sup>9</sup>

	Golf A4 Ottomotor	Golf A4 Diesel
	kg	kg
Bauxitt	25	21
Jernmalm	1476	1622
Kalkstein	666	730
Platinagruppemalm	1977	1497
Koppermalm	78	84
Sand	12	12
Koppermalm	78	84
Sinkmalm og blymalm	743	836
Steinsalt	107	101
Krommalm	5,9	5,5

Som Tabell 3 viser er det ikke ubetydelige mengder med råstoff som må utvinnes for å lage en liten personbil. Ved Volkswagen-fabrikken i Wolfsburg, Tyskland, ble det i 1999 produsert 791969 personbiler av typen Golf. Bare dette året, og bare for Golf, ble det utvinnet omlag 1,3 millioner tonn platinagruppemalm og omlag 1,1 million tonn jernmalm i henhold til Tabell 3.

<sup>5</sup> Schweimer og Levin, side 28

<sup>6</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Palladium>

<sup>7</sup> <http://www.solvinpvc.com/static/wma/pdf/3/5/8/2/langid4/8-10%20Markte%20und%20Producte%20De.pdf>, side 8-10

<sup>8</sup> ibid, s 9.

<sup>9</sup> Schweimer og Levin, side 28

## Energibruk

For å framstille materialer, produsere og montere deler kreves energi. Tabell 4 viser forbruk av primærenergikilder for produksjon av Golf A4 bensin- og dieselmotordel. Skrotning av kjøretøyet inngår ikke i Tabell 4. Oppvarming av fabrikken i Wolfsburg er inkludert (komfortvarme).

Tabell 4 Forbruk av primærenergikilder for framstilling av materialer og produksjon av Golf A4

GJ	Produksjon av kjøretøy		Framstilling av materialer		Sum	
	Golf bensin	Golf diesel	Golf bensin	Golf diesel	Golf bensin	Golf diesel
Brunkull	1,93	1,92	2,19	2,34	4,12	4,26
Steinkull	7,83	7,28	18,9	21	26,73	28,28
Naturgass	14,5	14,8	14,4	15	28,9	29,8
Olje	4,29	4,31	10,5	10,9	14,79	15,21
Uran	7,64	7,55	1,15	1,22	8,79	8,77
Vannkraft	1,36	1,35	0,87	0,88	2,23	2,23
Sum	37,55	37,21	48,01	51,34	85,56	88,55

Steinkull er kull som blir utvinnet i gruver. Brunkull er kull som blir utvinnet i dagbrudd.

Til sammen blir det brukt 85,6 GJ eller 23 767 kWh med primærenergi til å produsere en Golf A4 bensin. Samme tall for en diesel-modell er 88,6 GJ eller 24 597 kWh. Disse tallene inkluderer tap av energi ved utvinning og framstilling av energi fra energibærerne<sup>10</sup>. Naturgass er den viktigste primærenergibærer for produksjon av bilen mens steinkull er den viktigste energikilde for framstilling av materialer. Uran (kjerneenergi) er en viktig energibærer for produksjon av bilen men ikke så viktig for framstilling av materialer. Vannkraft, den eneste fornybare energibæreren, brukes marginalt både ved produksjon av bil og ved framstilling av materialer.

## Utslipp

Bruk av energi fører til utslipp av ulike typer. Tabell 5 viser utslipp av sentrale indikatorer for klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NMVOC), utslipp av helseskadelige stoffer (NO<sub>x</sub>, partikler) og forsuring (SO<sub>2</sub>) ved framstilling av materialer til og produksjon av Golf A4.

Tabell 5 Utslipp fra framstilling av materialer til og produksjon av Golf A4<sup>11</sup>

Utslipps-kategori (kg pr kjøretøy)	Produksjon av kjøretøy	Framstilling av materialer
CO <sub>2</sub>	1893	2688

<sup>10</sup> Schweimer og Levin, side 27. Forfatterne presiserer at første gangs fylling av bensin eller diesel samt første gangs fylling av motorolje ikke er inkludert i tallene for produksjonen av bilen.

<sup>11</sup> ibid., side 29

N2O	0,3	
NMVOG	10,9	1,6
NOx	12,8	5,6
Partikler	8	
SO2	18,2	12,3

Tabell 6 viser noen av de samme utslippene for ulike typer Ford. De to modellene Ford S-Max og Galaxy kan beskrives slik: "Begge faller i kategorien høyreiste stasjonsvogner med plass til syv personer, eller på fagspråket fleksibiler og flerbruksbiler." <sup>12</sup> Ford selv beskriver bilene som .."European, premium, mid-class, van-sized, five-door vehicle for a minimum of 5 passengers". <sup>13</sup> Med konstruksjon i Tabell 6 menes framstilling av materialer, produksjon og montering av deler. Skroting er ikke inkludert i tallene.

**Tabell 6 Utslipp ved produksjon av ulike typer Ford**

Konstruksjon. Utslipp i tonn.		GWP	POCP
Ford S-Max	Bensin	8	7
	Diesel	9	8
Ford Galaxy			
	Bensin	9	7
	Diesel	10	8

I Tabell 6 står GWP for Global Warming Potential. Dette er et mål på hvor mye et sett med klimagasser kan øke den globale oppvarming. Potensialet for global oppvarming for en gitt gass er avhengig av evnen til absorbering av infrarød stråling og nedbrytningstiden i atmosfæren. Jo større evne til absorbering og jo lengre nedbrytningstid, jo større potensial for global oppvarming. Som mål på nedbrytningstid brukes tiden det tar på å halvere mengden av en gitt mengde med utslipp av en gitt gass. For CO<sub>2</sub> tar det 120 år å halvere mengden av en gitt mengde utslipp.

Alle gassene som inngår i settet omregnes til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette gjøres ved at de alle får samme masse som 1 kg CO<sub>2</sub>. Dermed kan man beregne hvor mange kg man trenger av en gitt gass for å få samme virkning som 1 kg CO<sub>2</sub>. For å beregne denne virkningen må utslippene beregnes over en tidshorisont. Siden gassene har ulik nedbrytningstid vil effekten av en gitt mengde gass avhenge av tidsrommet utslippene blir målt for. Således vil 25 kg metan ha samme effekt som 1 kg CO<sub>2</sub> over en tidshorisont på 100 år. Siden metan brytes ned fortere enn CO<sub>2</sub> vil 72 kg metan ha samme virkning som 1 kg CO<sub>2</sub> målt over 20 år. <sup>14</sup>

<sup>12</sup> <http://www.dinside.no/362632/test-ford-galaxy-18-tdci-ghia>

<sup>13</sup> <http://www.ford.com/doc/sr07-ford-psi.pdf>, side 8

<sup>14</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_warming\\_potential](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_potential)



Schweimer og Levin gjengir en tabell hvor potensialet for ulike klimagasser måles over 100 år og hvor mengden av utslipp av de ulike gassene beregnes for en Golf A4 bensin med 55 kW ytelse. Verdiene omfatter hele livssyklusen fra utvinning av råstoff, framstilling av materialer, konstruksjon av bilen, bruk av bilen til skrotning av den. Verdiene omfatter også utslipp ved produksjon og distribusjon av drivstoff til bilen. Potensialet for global oppvarming er målt over 100 år. Tabell 7 viser oversikten.

Tabell 7 GWP for Golf A4 Ottomotor, 55 kW over alle livssykluser <sup>15</sup>

Symbol	Gass	GWP-potensial	Mengde utslipp i kg	CO2-ekvivalent 100 år (kg)
CO <sub>2</sub>	Karbondioksyd	1	29732	29732
N <sub>2</sub> O	Nitrus-oksyd <sup>16</sup>	320	6,459	2067
R134a	Tetrafluoretan <sup>17</sup>	1300	1,5	1950
CH <sub>4</sub>	Metan	24,5	20,47	502

Tabellen viser at utslipp av 1 kg med R134a har 1300 ganger så stor effekt på global oppvarming som CO<sub>2</sub> over 100 år. Tilsvarende har 1 kg nitrus-oksyd 320 ganger så stor effekt som 1 kg CO<sub>2</sub> over 100 år. Alt i alt har en Golf A4 med bensinmotor og en ytelse på 55 kW et GWP-potensial på 34,3 tonn CO<sub>2</sub>.

Vi kan konstruere et GWP-mål for produksjon av Golf, inkludert utvinning av råstoff og framstilling av materialer til produksjonen. Dette målet vil være sammenliknbart med tallene for de ulike Ford-modellene. Ford-analysen oppgir ikke oppgir hvor mange år GWP-potensialet er målt for. En periode på 100 år er vanlig å bruke av offentlige myndigheter <sup>18</sup>. Vi forutsetter i dette dokumentet at Ford-analysen er basert på GWP-potensial beregnet over 100 år.

Vi inkluderer gassene CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O og CH<sub>4</sub> i en utregning av GWP for produksjon av Golf A4 med ottomotor (bensin) og en ytelse på 55 kW eller 75 hestekrefter <sup>19</sup>. For omregning til GWP-verdier bruker vi de nyeste verdiene fra FN's klimapanel fra 2007. Disse avviker noe fra verdiene som er hentet fra Schweimer og Levin som er av eldre dato. Verdiene er basert på et GWP-potensial over 100 år.

Tabell 8 Utslipp av klimagasser ved produksjon av Golf A4 målt med GWP-verdier.

<sup>15</sup> Schweimer og Levin, s 40.

<sup>16</sup> Også kjent som lattergass

<sup>17</sup> Brukes i kjøleskap, varmpumper og air-condition anlegg.

<sup>18</sup> For eksempel California Air Resource Board, se [http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_warming\\_potential](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_potential). Se også [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_SDDS/EN/env\\_air\\_sm1.htm](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/EN/env_air_sm1.htm)

<sup>19</sup> Tallene for utslipp er hentet fra Schweimer og Levin, s 33. Omregning fra kW til hestekrefter er gjort med utgangspunkt i <http://www.statman.info/conversions/power.html>. Omregningen gjelder til "metric horsepower" eller "continental horsepower".

	GWP faktor	utslipp kg	GWP-verdi
CO2	1	4000	4 000
N2O	298	0,3	89,4
CH4	25	17	425
Sum			4 514

Tabell 8 viser at produksjon av en Golf A4 med bensinmotor og en ytelse på 75 hestekrefter fører til utslipp av 4,5 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. I dette tallet er utvinning av råstoff og framstilling av materialer til produksjonen inkludert. Vi kan nå sammenlikne disse tallene med de tidligere presenterte tallene for ulike Ford-modeller. Systemgrensene er de samme. I tillegg har vi tatt med tre biltyper fra USA. Toyota Camry representerer en sedan, Chevrolet Trailblazer representerer en stor SUV og Ford F-series representerer en pick-up<sup>20</sup>.

Tabell 9 Utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (GWP) ved produksjon av ulike biltyper.

Biltype	CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	Vekt	Hestekrefter <sup>21</sup>	kW
Golf A4 bensin	4,5	1059	75	55
Ford S-Max diesel <sup>22</sup>	9	1743	140	103
Ford S-Max bensin <sup>23</sup>	8	1736	145	107
Ford Galaxy diesel <sup>24</sup>	10	1799	140	103
Ford Galaxy bensin <sup>25</sup>	9	1697	145	107
Toyota Camry <sup>26</sup>	8,5	1451	160	118
Chevrolet Trailblazer <sup>27</sup>	12	2087	295	217
Ford F-Series <sup>28</sup>	8,3	2359	234	172

Tabell 9 viser at utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter ved produksjon av personbiler varierer fra 4,5 tonn for en bil med 75 hestekrefter til 12 tonn for en bil med 295 hestekrefter. Tabellen viser at det er en klar sammenheng mellom vekt, motorytelse og utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter ved produksjon av kjøretøyet.

<sup>20</sup> Horvath, A og Chester, M.: *Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation: A Detailed Methodology for Energy, Greenhouse Gas and Criteria Pollutant Inventories of Automobiles, Buses, Light Rail, Heavy Rail and Air v.2*,  
[http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1015&context=its/future\\_urban\\_transport](http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1015&context=its/future_urban_transport)

<sup>21</sup> "Continental horsepower", amerikanske biler er omregnet til hestekrefter mål med europeisk standard.

<sup>22</sup> For vekt, hestekrefter og kW, se <http://www.buyacar.co.uk/detailyq20532.jhtml>

<sup>23</sup> For vekt, hestekrefter og kW, se <http://www.buyacar.co.uk/detailyq20527.jhtml>

<sup>24</sup> For vekt, hestekrefter og kW, se <http://www.buyacar.co.uk/detailyq20545.jhtml>

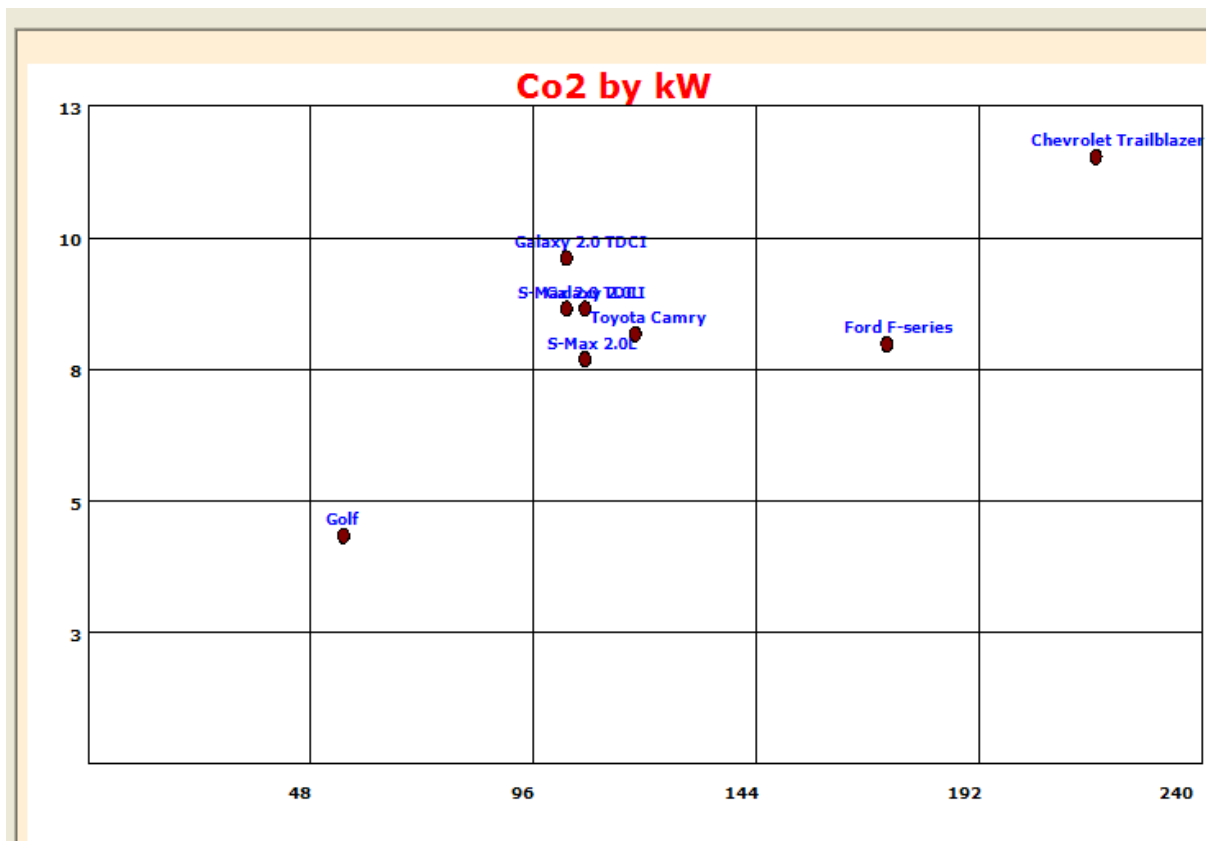
<sup>25</sup> For vekt, hestekrefter og kW, se <http://www.buyacar.co.uk/detailyq20540.jhtml>

<sup>26</sup> For hestekrefter og kW, se [http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Camry](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Camry)

<sup>27</sup> For hestekrefter og kW, se [http://en.wikipedia.org/wiki/Chevrolet\\_TrailBlazer](http://en.wikipedia.org/wiki/Chevrolet_TrailBlazer)

<sup>28</sup> For hestekrefter og kW, se [http://en.wikipedia.org/wiki/Ford\\_F-Series](http://en.wikipedia.org/wiki/Ford_F-Series)

Figur 1 Sammenheng mellom motorytelse (kW) og utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter



Figur 1 viser sammenhengen mellom motorytelse i kW og utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter målt med GWP-faktorer. Figuren viser at en økning på 50 kW innebærer omlag en økning i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på omlag 1,6 tonn.

Beregningene fra Horvath og Chester er gjort med såkalt input-output analyse. Dette er en økonomisk kryssløpsanalyse hvor utslipp av CO<sub>2</sub> fra en bransje blir satt opp mot verdien av den samlede produksjonen som utslippene stammer fra. Produksjonen er input og utslippene er output. De andre analysene som brukes i dette dokumentet er prosess-analyse. Dette innebærer at en forsøker på hvert trinn i bilproduksjonen å identifisere relevante prosesser og de utslipp som følger av denne prosessen. Deretter blir del-prosessene summert opp til et høyere nivå. Input-output analysen er en top-down tilnærming, en starter fra et høyere nivå og forsøker å si noe om effektene av produksjonen på et lavere nivå. Prosess-analyse er en bottom-up tilnærming. Det innebærer at en starter nedenfra og aggreger oppover i hierarkiet av prosesser som hele produksjonen utgjør. Det er en klar tendens til at estimatene fra input-output analysen for CO<sub>2</sub>-utslipp ligger lavere pr bil enn estimatene fra input-output analyse.

Figur 2 Sammenheng mellom vekt (kg) og utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter

Figur 2 viser sammenhengen mellom utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter og vekten på bilen. Figuren viser at en økning i vekten på 500 kg gir en økning i utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på 3,3 tonn.

Analysen av Golf A4 inkluderer en oppstilling av mengde avfall ved skroting av bilen. Denne oppstillingen inkluderer ikke energiforbruk eller utslipp av klimagasser eller andre lokalt

helseskadelige gasser ved skroting. Tabell 10 viser avfallsmengder som blir generert ved skroting av Golf A4 for noen av materialene i kjøretøyet.

Tabell 10 Avfallsmengder ved skroting av Golf A4

Skroting Golf A4		kg
Demontering	Dekk	26
	Aluminium	37
	Jern	689
	Kopper	11
	Syntetiske stoffer	16
	Sum	779
Forbrenning		178
Deponering		59
Videresalg deler		10,7

## Litteratur

- Schweimer, G.W. og Levin, M: *Sachbilanz des Golf A4*.
- Horvath, A. og Chester, M. : *Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation: A Detailed Methodology for Energy, Greenhouse Gas and Criteria Pollutant Inventories of Automobiles, Buses, Light Rail, Heavy Rail and Air v.2*.
- Ford Motor Company: *Product Sustainability Index (PSI) og Ford Mondeo: PSI Fact Sheet*.