



HOVEDOPPGAVE 2003

Tittel: Livssyklusanalyse (LCA) av fire ulike fremdriftsalternativer for personbil (Bensin, Diesel, Brenselcelle & Hybrid)	Emneord: Livsløpsanalyse, LCA , Drivstoff, Brenselcelle, Metanol, Bensin, Diesel, Hybrid.
Forfatter(e): Marius Holtan	Utført i tiden: 16.09.2002 - 11.02.2003
Faglærer: Terje Hertzberg Evt. ekstern veileder: Fredrik Steineke	<u>Antall sider</u> Hovedrapport: 63 Bilag: 37
EKSTRAKT AV ARBEIDET Forutsetninger og arbeidsmål: Livsløpsanalysen, LCA, har blitt utført for å sammenligne miljøbelastninger forbundet med fire ulike fremdriftsalternativer for personbil. Oppgavens hovedmål har vært å sammenligne de fire forskjellige fremdriftsalternativene med tanke på energibruk, bidrag til global oppvarming, bidrag til forsurening og bidrag til fotokjemisk ozondannelse. Resultater fra denne sammenligningen vil så bli brukt for å gi en anbefaling om hva som er det mest miljøvennlige fremdriftsalternativet av de fire som er vurdert i analysen. Konklusjoner og anbefalinger: Brenselcellesystemet drevet med metanol kom klart best ut i analysen. Forbruksfasen var den livsløpsfasen som sto for de største miljøbelastningene. Om en vil komme de tradisjonelle miljøproblemene forbundet med biltrafikk til livs, som smogdannelse og forsureningsproblemer, kan en omlegging fra dagens bensinsystem være aktuelt. Brenselceller vil være et meget godt alternativ til dagens bensinbiler.	
Jeg erklærer at arbeidet er utført selvstendig og i samsvar med NTNUs eksamensreglement.	
Dato og underskrift:	

Forord:

Dette prosjektet er skrevet i forbindelse med hovedoppgaven for 10. semester for sivilingeniørutdanningen ved institutt for kjemisk prosessteknologi, fakultet for naturvitenskap og teknologi, NTNU.

Faglig koordinator har vært professor Terje Hertzberg ved institutt for kjemisk prosessteknologi, NTNU. Veileder har vært Fredrik Steineke, koordinator ved fakultet for naturvitenskap og teknologi, NTNU.

Prosjektet er en livsløpsanalyse, LCA, som sammenligner miljøbelastningene forbundet fire ulike fremdriftsalternativer for personbil.

Prosjektets hovedmål har vært å sammenligne de fire ulike fremdriftsalternativene med tanke på energibruk, bidrag til global oppvarming, bidrag til forsuring og bidrag til fotokjemisk ozondannelse. Dette vil så brukes for å gi en anbefaling om hva som er det mest miljøvennlige alternativet av de fire som er vurdert i prosjektet.

Jeg vil med dette rette en stor takk til min veileder Fredrik Steineke for god hjelp da det trengtes som mest.

Jeg vil også rette en takk til hovedfagsstudentene og stipendiatene ved studieprogrammet for industriell økologi ved NTNU for hjelp med faglige spørsmål underveis i hovedoppgaven rundt fagfeltet LCA.

Trondheim 07.02.2003

Marius Holtan

Abstract

In this comparative lifecycle analysis (LCA) four different lifecycle systems for passenger traffic was compared in how much environmental stress they inflict.

The reference system used in the analysis is the lifecycle system for an ordinary car running on gasoline, it was compared to three similar lifecycle systems composed of a diesel run car, a gasoline hybrid and a fuel cell car running on methanol.

The basis in the different lifecycle systems was taken from existing infrastructure and production plants in Norway, like the refinery at Mongstad or the methanol plant at Tjeldbergodden, to give the best and most accurate description of the lifecycle systems like they would appear in Norway today if they already existed.

Average data have been used for the types of car whenever possible to obtain and fulfill the functional unit.

The functional unit used in the LCA was set as a distance of 150 000 km driven by each of the car types for the different lifecycle systems.

All data collected on emissions from the different systems are scaled in accordance with this functional unit for the analysis.

The lifecycle systems were divided into four separate phases, both to simplify the systems and to make them similar enough to compare them against each other.

These consist of the following: Oil and Gas production, Fuel production, Fuel transport and the fuel consumption phase.

The results of the analysis show that the lifecycle system for a fuel cell car is superior to the other three systems from an environmental viewpoint.

The fuel cell system had the smallest contributions to all of the four impact categories considered in the analysis, and as such is considered the most environmentally friendly option for passenger traffic in Norway.

The reference system, consisting of the gasoline run car, performed poorly compared to the other three systems in all the impact categories considered in the analysis.

This means that you could get an environmental gain by changing the existing system into any of the three alternatives in this analysis.

The fuel consumption phase is the lifecycle phase contributing the most to the total environmental load in all four of the life cycle systems. This holds true for all the impact categories considered in this analysis.

The different impact categories were not weighted against each other to obtain the final result in the analysis. This never resulted in any difficulties in the analysis since the results were one-sided for all the impact categories considered, which meant the impact categories never had to be weighted against each other.

If the goal is to combat the traditional and most visible environmental effects associated with car traffic, like formation of smog or acidification, then the fuel cell system considered in this analysis would be an excellent alternative to the gasoline based system of today.

Sammendrag

I denne komparative livsløpsanalysen ble fire ulike alternative livsløpssystemer for persontransport sammenlignet for de miljøbelastningene de påfører naturen.

Det ble tatt utgangspunkt i et referansesystem bestående av et livsløpssystem for en bensinbil, som ble sammenlignet med tre andre systemer bestående av dieselbil, hybridbil og brenselcellebil.

Det ble tatt utgangspunkt i eksisterende infrastruktur og anlegg i Norge, som raffineriet Mongstad og metanolfabrikken på Tjeldbergodden for å gi et best mulig og realistisk bilde av systemene slik de ville vært i Norge i dag.

Det ble benyttet data for gjennomsnittlige biltyper, der dette har vært tilgjengelig, for å oppfylle funksjonell enhet.

Funksjonell enhet i analysen ble satt til å være 150 000 km utkjørt distanse med den aktuelle biltypen for hvert av de fire livsløpssystemene, alle data og utslipp relateres i forhold til dette i oppgaven.

Livsløpssystemene ble delt i fire livsløpsfaser både for å forenkle systemene og gjøre dem mest mulig sammenlignbare i analysen. Disse er olje- og gassproduksjon, produksjon av drivstoff, transport av drivstoff og forbruksfase for drivstoff.

Resultatene fra analysen viser at livsløpssystemet for brenselcellebil er overlegen i forhold til de tre andre livsløpssystemene, sett fra et miljømessig standpunkt.

Brenselcellesystemet hadde minst bidrag til alle de fire effektkategoriene som ble vurdert i analysen og kan som sådan anbefales som det mest miljøvennlige om en skal planlegge en omlegging av transportsektoren i Norge.

Referansesystemet, bestående av bensinsystemet, kom verst ut i analysen i alle de kategoriene som ble undersøkt. Det vil dermed være en miljøgevinst å hente ved å legge om til et av de andre systemene som er undersøkt i analysen.

Forbruksfasen har mest å si for resultatene uavhengig av hvilket system eller type miljøbelastning en undersøker.

De ulike effektkategoriene ble ikke vektet mot hverandre da en skulle komme frem til den endelige konklusjonen i analysen. Dette var aldri et problem i analysen, da resultatet ble det samme for alle de fire effektkategoriene, slik at en anbefaling kunne bli gjort uten å vurdere hva som burde veid tyngst av de fire effektkategoriene.

Om en vil komme de tradisjonelle og mest synlige problemene assosiert med biltrafikk til livs, som smogdannelse og forsuringsproblemer, vil brenselcellesystemet som ble vurdert i denne analysen være et meget godt alternativ til dagens bensinsystem.

1. INNLEDNING.....	6
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	6
<i>Diplomoppgave høsten 2002 ved NTNU.....</i>	<i>6</i>
2. LIVSLØPSANALYSER.....	7
2.1 INNLEDNING	7
2.2 DEFINISJON	7
2.3 SVAKHETER VED LIVSLØPSANALYSER	7
2.4 TEORI	8
2.4.1 Mål- og systemdefinisjon	8
2.4.2 Kartlegging	10
2.4.3 Belastningsvurderinger.....	11
3. MÅLDEFINISJON.....	13
3.1 HENSIKT MED OPPGAVEN.....	13
3.2 AVGRENSNING AV OPPGAVEN.....	13
3.3 FUNKSJONELL ENHET.....	13
3.4 SYSTEMAVGRENSNING	14
3.5 DATAKVALITET	15
3.6 SIMAPRO.....	15
4. KARTLEGGINGSDEL	16
4.1 INNLEDNING	16
4.2 FLYTSKJEMAER FOR SYSTEMENE	16
4.2.1 Bensinsystemet.....	17
4.2.2 Dieselsystemet.....	18
4.2.3 Hybridsystemet.....	19
4.2.4 Brenselcellesystemet	20
4.3 DATAKILDER	21
4.3.1 Olje- og gassproduksjon – Heidrun	21
4.3.2 Raffineri – Mongstad	21
4.3.3 Metanolfabrikk – Tjeldbergodden.....	21
4.3.4 Transport	21
4.3.5 Forbruksfase - Bensinbil.....	21
4.3.6 Forbruksfase - Diesebil.....	22
4.3.7 Forbruksfase - Hybridbil	22
4.3.8 Forbruksfase - Brenselcellebil	22
4.3.9 Konstruksjon av bil	22
4.4 SYSTEMAVGRENSNING	23
4.4.1 Olje- og gassproduksjon – Heidrun	23
4.4.2 Produksjon av drivstoff - Mongstad/Tjeldbergodden.....	24
4.4.3 Transport av drivstoff til forbruker.....	25
4.4.4 Forbruk av drivstoff.....	26
4.5 RESULTATER AV DATASØK	27
5. PROSESSBESKRIVELSER.....	29
5.1 HEIDRUN	29
5.2 MONGSTAD.....	29
5.2.1 Primær destillasjon av råolje.....	30
5.2.2 Ulike termiske og katalytiske prosesser.....	30
5.2.3 Blanding av produkter	30
5.2.4 Gjenvinnings- og utslippsreduserende prosesser.....	31

5.3 TJELDBERGODDEN	31
5.3.1 Luftgassfabrikken	31
5.3.2 Gassmottaksanlegg	32
5.3.3 Metanolfabrikken	32
5.4 HYBRIDBIL	34
5.4.1 Generelt om hybridbiler	34
5.4.2 Ulike typer hybridbiler	34
5.5 BRENSSELLEBIL	36
5.5.1 Brenselcellens historie	36
5.5.2 Ulike typer brenselceller	36
5.5.3 Prinsippet bak en brenselcelle	37
5.5.4 Bruk av metanol i brenselcelle	38
6. RESULTATER	39
6.1 INNLEDNING	39
6.2 RESULTATER	39
6.2.1 Global warming potential (GWP)	40
6.2.2 Forsuringspotensial	40
6.2.3 Fotokjemisk ozondannelses potensial (POCP)	41
6.2.4 Energibruk	42
6.3 FØLSOMHETSANALYSE	43
6.3.1 Følsomhetsanalyse: Bilproduksjon	43
6.3.2 Følsomhetsanalyse: Svinn av drivstoff i transportfasene	47
7. DISKUSJON	50
7.1 RESULTATER	50
7.1.1 Globalt oppvarmingspotensial (GWP)	50
7.1.2 Forsuringspotensial	51
7.1.3 Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP)	52
7.1.4 Energibruk	53
7.1.5 Resultat fra analysen	53
7.2 FØLSOMHETSANALYSE	54
7.2.1 Produksjon av bil	54
7.2.2 Svinn av drivstoff	57
7.3 SYSTEMAVGRENSNING	58
7.4 USIKKERHET I DATAMATERIELL	59
7.5 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	60
KONKLUSJON	61
REFERANSER	62
VEDLEGG	63

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Diplomoppgave høsten 2002 ved NTNU

Biltrafikk gir en rekke negative miljøkonsekvenser, og innføring av alternative drivstoffkilder eller alternative transportmetoder har kommet mer og mer i fokus de siste årene. Utslipp fra biltrafikk står for et stort bidrag til verdens samlede utslipp av CO₂ på grunn av bruken av bensin og diesel i forbrenningsmotorer. I tillegg er de lokale miljøproblemene assosiert med biltrafikk store. I store byer ser man dette veldig klart. Utslipp av NO_x og flyktige organiske komponenter sammen med et solfylt klima kan føre til dannelse av fotokjemisk smog. Smog er i hovedsak bakkenært ozon og partikler som svevestøv.

Det har gjort at myndigheter og bilprodusenter sammen med energiselskaper over store deler av verden i dag prøver å utvikle alternativer til de tradisjonelle bensin- og dieselbilene for biltrafikk. Et av problemene med en tradisjonell forbrenningsmotor er den dårlige utnyttelsen av drivstoffet, der kanskje bare 10-20% av energiinnholdet blir nyttegjort i motoren.

Løsninger en er nødt til å vurdere vil da gå ut på å enten forbedre forbrenningsmotorer, forbedre drivstoffskvaliteten eller finne alternative drivstoff eller fremdriftsmåter for biltrafikk.

I analysen vil fire ulike fremdriftsalternativer for personbiler bli sammenlignet.

De ulike systemalternativene er vurdert ut fra et miljømessig standpunkt, der systemet med minst bidrag til en gitt miljøeffektkategori blir regnet som det beste alternativet.

De fire fremdriftsalternativene som vil bli vurdert i analysen er konvensjonell forbrenningsmotor drevet av bensin og diesel, et hybridalternativ drevet av bensin og en brenselcelle drevet på metanol.

Da alternativer som brenselceller vil komme på det kommersielle markedet i de nærmeste årene, vil det være interessant å se hva slags miljøprestasjon en generell brenselcellebil vil ha i forhold til eksisterende alternativer for transportsektoren.

2. Livsløpsanalyser

Teori i denne delen er hentet fra Christiansen, Ekvall, Finnveden, Hanssen, Hoffmann, Juntilla, Lindfors, Rønning & Virtanen (1995). Metoden som er beskrevet her er også kompatibel med den vektingsmetodikken presentert av SETAC (1993).

2.1 Innledning

En livsløpsanalyse, eller LifeCycle Analysis (LCA), er et verktøy som brukes til å måle og vurdere et produkts miljøpåvirkning over hele produktets livsløp. En kartlegger alle de forskjellige trinnene i produktets livsløp, for så å kvantitativt eller kvalitativt vurdere miljøkonsekvenser forbundet med disse.

Etter å ha kartlagt de ulike trinnene summeres konsekvensene, uavhengig av hvor i livsløpet utslipp har forekommet, til en miljøprofil for produktet.

Utarbeidelsen av denne miljøprofilen er et godt utgangspunkt for sammenligning med andre tilsvarende produkter, og på denne måten kan en si noe om hvilket av produktene som er ”mest” miljøvennlig. Dette kan være til stor hjelp for blant annet produktdesignere, da en kan identifisere de delene av livsløpet til et produkt som står for de største miljøbelastningene og endre designet etter dette. En LCA kan også brukes av myndigheter og bedrifter som et beslutningsverktøy for deres videre miljøarbeid.

Standarder for livssyklusanalyser er utarbeidet av SETAC (1993) og ISO (1996).

ISO-standard for livsløpsanalyser er underlagt standard for miljøstyring ISO-14000, og har kode ISO-(14040-14043). (www.iso.ch)

2.2 Definisjon

Definisjonen er hentet fra Christiansen et. al. (1995, s 12):

”A LCA is a process to evaluate the environmental burdens associated with a product system, or activity by identifying and quantitatively or qualitatively describing the energy and materials used, and wastes released to the environment, and to assess the impacts of those energy and materials uses and releases to the environment. The assessment includes the entire life cycle of the product or activity, encompassing extracting and processing raw materials; manufacturing; distribution; use, reuse, maintenance; recycling and final disposal; and all transportations involved. LCA addresses environmental impacts of the system under study in the areas of ecological systems, human health and resource depletion. It does not address economic or social effects.”

2.3 Svakheter ved livsløpsanalyser

En svakhet forbundet med livssyklusanalyser, er at en sammenligning av to produkter kan føre til at et av dem blir anbefalt til tross for at begge produktene er uakseptable ut fra et miljøhensyn. Dette kan da føre til at man velger ”det minste ondet” fremfor å bruke resultatet til å finne områder en kan forbedre i produktenes livsløp.

Det kan også være lett å misbruke en LCA. Analysen bygger på en eksperts vurderinger, og kan sådan være sårbar for manipulering, med mindre antagelser som er benyttet i analysen er oppgitt og begrunnet.

I en livsløpsanalyse tas det heller ikke hensyn til *hvor* utslippene geografisk sett forekommer. For utslipp som kan knyttes direkte opp mot globale miljøproblemer, som for eksempel utslipp av drivhusgasser, har ikke dette noen særlig betydning.

Utslipp som har en lokal eller regional miljøeffekt, som for smogdannelse, kan mangelen på geografisk spesifisering være en kilde til lite realistiske konklusjoner.

Det kan være store forskjeller i hvor stor et økosystems bæreevne er, og dette kan komme av mange forskjellige årsaker. For eksempel kan jordens naturlige surhetsgrad variere fra et geografisk område til et annet. Dette er en av grunnene til at fiskevann i det sørlige Norge har blitt hardt rammet av sur nedbør.

Det finnes allikevel noen vektingsmetoder som forsøker å ta hensyn til faktorer som dette. En livsløpsanalyse tar heller hensyn til *når* utlippene skjer. Er dette over en kort tidsperiode, kan man forvente at miljøkonsekvensene blir mer akutte enn hvis de går over en lengre periode.

2.4 Teori

Når en skal utføre en livssyklusanalyse kan en forholde seg til de standarder som er satt opp for slike undersøkelser. ISO-14040 serien er kanskje den mest anerkjente standarden, og beskriver en fremgangsmåte som er i tråd med den satt frem av Christiansen et. al. (1995)

Analysen består i hovedsak av 3 hoveddeler. Disse er:

1. Mål- og systemdefinisjon
2. Kartleggingsdel (eller livsløpsregnskap)
3. Belastningsvurderinger

Innholdet i hver av disse delene blir kort forklart under.

En LCA er en pågående iterativ prosess, og det er verdt å merke seg at man bør gå tilbake i analysen og kontrollere at formålet er oppnådd med analysen.

2.4.1 Mål- og systemdefinisjon

I den første delen av en livsløpsanalyse skal hensikten med analysen forklares, en skal avklare hvem som er oppdragsgiver og hva resultatene skal brukes til. Denne første delen er av stor betydning for sluttproduktet, men den kan også endres underveis i og med at analysen er en iterativ prosess. Avgrensninger for systemene en vurderer og antagelser som er lagt til grunn for disse vil også vurderes på denne måten. Dette fører til at en fortløpende vurderer riktigheten av de valg man tok i starten av analysen. Det blir også stilt enkelte krav til datakvalitet.

Når en har fått definert hensikten med oppgaven blir det lettere å foreta valg med tanke på:

- Funksjonell enhet
- Systemgrenser
- Effektkategorier

Funksjonell enhet

Det vanligste bruksområdet for en livsløpsanalyse i dag er å sammenligne to eller flere produkter med samme funksjon. Stikkordet her er at de ulike produktene fyller samme funksjon, selv om de kanskje utfører denne på ulike måter. Et godt eksempel på dette kan være funksjonen persontransport, dersom en skal transportere en person fra punkt A til B er det flere ulike måter å gjøre akkurat dette på. En kan for eksempel kjøre personbil eller ta fly, tog eller buss, for å nevne noen alternativer. Poenget er i alle fall at de to produktene eller tjenestene kan oppfylle funksjonen en er ute etter, og alle disse forskjellige transportmåtene er fullgode måter å komme seg fra A til B på.

Den funksjonelle enheten en velger å bruke i analysen skal være klart definert i forhold til hvilken funksjon en er ute etter å belyse i analysen. Denne funksjonelle enheten vil da være basis for alle beregninger, og alle kvantifiseringer skal relateres direkte til denne. Dette vil i praksis bety at alle beregninger og tall skal oppgis pr. funksjonell enhet.

Systemgrenser

For en livsløpsanalyse er det viktig å kunne avgrense det ønskede produktsystemet fra resten av verden. Dette kan by på en del problemer i og med at det finnes interaksjoner mellom alle systemer og subsystemer i verden. Det største problemet med å sette grenser for systemet en skal undersøke er å få til en klar avgrensning, da en i teorien kan se på alle interaksjoner mellom det ønskede systemet og omgivelsene. En viktig faktor for denne avgrensningen kan være hvor mye tid som er satt av til å jobbe med analysen, da en omfattende oppgave vil kreve mye tid. En annen faktor i avgrensningen kan være tilgjengelighet av data for de ulike delene av systemet, noe som kan føre til at en er nødt til å kutte vekk deler som en var ute av stand til å finne data for. Det er også viktig å prøve å sette grensene slik at en fokuserer på de delene av produktsystemet som en tror har stor betydning for resultatet, og at deler med marginale bidrag til sluttresultatet ikke får for stor betydning i analysen.

For å gjøre en slik avgrensning enklere kan man benytte seg av enkelte kriterier, såkalte cut-off kriterier. Et slikt kriterie kan være at bidraget en får av en enkeltprosess eller subsystem til det totale bidraget innen de ulike effektkategoriene i analysen, utgjør mindre enn en gitt prosentvis sats. Med dette mener man at dersom en delprosess er ansvarlig for mindre enn f.eks 5 % av bidraget til en effektkategori, kan en se bort fra denne i analysen.

Systemgrenser skal settes med hjelp av sunn fornuft og på en slik måte at en unngår at sluttresultatet kan endres vesentlig. Dette vil dog være en kilde til usikkerhet da denne grensesettingen ikke reflekterer det virkelige systemet, men en tilpasning basert på erfaring og sunn fornuft.

Effektkategorier

Når en skal si noe om konsekvensene forbundet med utslipp av miljøskadelige stoffer i naturen, er det avgjørende hva slags utslipp det er snakk om. Utslipp av en typisk klimagass som CO₂ er en bidragsyter til drivhuseffekten, men bidrar ikke i samme grad til for eksempel forsuring, som fører til sur nedbør. Christiansen et. al. (1995) nevner flere slike effektkategorier, blant annet global warming potential (GWP), forsuring og eutrofiering. Valg av hvilke effektkategorier en ønsker å undersøke gjøres under karakteriseringsfasen, der en klassifiserer utslipp og materialbruk. En mer utfyllende liste følger i kapittel 2.4.3

Datakvalitet

Det er ingen generell standard for krav til datakvalitet i en LCA. En er nødt til å ta en kritisk stilling til dette spørsmålet ved hver enkelt analyse, der en er nødt til å vurdere hensikten med oppgaven, tiden en har tilgjengelig og ikke minst de dataene som er tilgjengelige.

2.4.2 Kartlegging

I kartleggingsdelen skal alle data som er nødvendige for gjennomføring av analysen samles inn. En prøver å samle så fullstendige opplysninger som mulig om masse- og energibalanser, da disse er utgangspunktet for analysen. Systemet en ser på fremstilles i et flytskjema, som illustrerer masse- og energistrømmer i de ulike fasene i livsløpet. Ut fra dette vil man kunne se hvor de største miljøbelastningene i livsløpet skjer. Denne delen kalles også gjerne for et livsløpsregnskap.

Når det skal samles inn data for masse- og energistrømmene i systemet, er det mest naturlig å henvende seg til de aktørene som er involvert i den aktuelle prosessen. Dette kan fort utvikle seg til et problem da slike data kan være sensitiv informasjon hos den enkelte aktøren, og det kan føre til at en ikke får tilgang til data. En kan i stedet være tvunget til å benytte annenhånds informasjon fra litteratursøk eller databaser. Akkurat dette er et stort problem ved livsløpsanalyser, og er en av de store kildene til usikkerhet i en analyse. Dersom en har inntrykk av at analysen har stor usikkerhet, kan det være aktuelt å benytte seg av følsomhetsanalyse for å se om kilden til usikkerhet virkelig har noe særlig å si for sluttresultatet.

Et annet problem som kan oppstå er når systemet en undersøker er delt inn i subsystemer, og enkelte av disse subsystemene faller utenfor de systemgrensene som har blitt trukket opp. Problemet består i det at en er nødt til å allokere den totale miljøbelastningen forbundet med systemet mellom de ulike subsystemene. Et eksempel på dette kan være en fabrikk som produserer flere produkter, der en kun undersøker det ene produktet. Et annet eksempel kan være en oljeplattform, der en ikke fordeler utslipp mellom olje- og gassproduksjon.

Allokering kan gjøres på flere måter, men de vanligste er å allokere utslipp etter masse eller volum produsert eller prosessert i subsystemet. Et eksempel på dette er hvis en fabrikk produserer A og B, men massestrømmen av A er 5 ganger større enn B. Da vil 5 ganger mer av utslippene allokere til A enn B. Andre måter å allokere på forholder seg til blant annet:

- energiinnholdet i strømmene
- eksergiinnholdet i strømmene
- molare strømmer
- økonomiske indikatorer

2.4.3 Belastningsvurderinger

Christiansen et. al. (1995) definerer denne delen av en livsløpsanalyse som sammensatt av tre mindre faser:

- Klassifisering
- Karakterisering
- Vekting av effektkategorier

Klassifisering

I klassifiseringsfasen vil de ulike utslippene fra kartleggingsdelen kobles opp mot ulike effektkategorier. Slik kan en få et litt mer forenklet bilde av analysen med å samle og regne om alle de ulike tallene i enkelte ekvivalenter som CO₂ eller SO₂. De kategoriene som kommer til å bli omtalt i denne oppgaven er:

1. Global oppvarming.

Et annet ord for global oppvarming er drivhuseffekten. Kort fortalt består denne i at enkelte gasser absorberer langbølget varmestråling i atmosfæren fra jorda og sender denne strålingen tilbake på jorda. Det er verdt å merke seg at livet på jorda er helt avhengig av denne effekten for å overleve, da gjennomsnittstemperaturen på jorden ville vært mye lavere uten drivhuseffekten. Utslipp av klimagasser som CO₂, CH₄ og N₂O fra menneskeskapte aktiviteter har bidratt til at denne effekten ser ut til å øke i styrke, slik at klimaet i verden ser ut til å endre seg. Dette er et globalt miljøproblem. (Smith&Smith 1998)

2. Fotokjemisk ozondannelse

Ved utslipp av flyktige organiske forbindelser (VOC), CO og CH₄ i nærvær av såkalte NO_x-forbindelser, kan det dannes oksider ved påvirkning av UV-stråling. Dannelsen av bakkenært ozon er en av hovedbestandelene i det fenomenet en kaller ”smogdannelse”. Dette er et stort problem i storbyer som Los Angeles og Tokyo, og dette fenomenet er både et lokalt og regionalt problem. (Smith&Smith 1998)

3. Forsuring

Ved utslipp av NO_x og SO_2 kan disse reagere med vann og bli omdannet til salpetersyre og svovelsyre. Disse syrene kan følge regnet og vil gi sur nedbør. Dette er et regionalt og kontinentalt miljøproblem (Smith&Smith 1998)

4. Energibruk

I mange deler av verden er det energimangel eller antydninger om mangel. Norge har en spesiell stilling i og med at landet har tilgang til vannkraft, men produserer og eksporterer fossile brennstoff. Energibruk og ressursbruk er uansett en interessant indikator på hvor effektivt et system kan være til å oppfylle funksjonell enhet sammenlignet med andre systemer.

Karakterisering

Både CO_2 og CH_4 er drivhusgasser, likevel regner man med at utslipp av en kg CH_4 gir et 62 ganger større bidrag til drivhuseffekten enn det en kg CO_2 gjør (Christiansen et al. 1995). Ved å tilegne hver komponent en vektingsfaktor i forhold til måleindikatoren i hver effektkategori, kan en summere bidragene til de ulike effektkategoriene og få et bilde av de samlede utslippenes bidrag til de ulike miljøproblemene.

Dette kan også beskrives matematisk. Det potensielle bidraget til effektkategori i fra utslipp j , C_{ij} , kan bli beregnet som produktet av massen av utslipp j , E_j , og vektingsfaktoren, W_{ij} , slik likning 2-1 viser.

$$C_{ij} = E_j \cdot W_{ij} \quad (2-1)$$

Det totale bidraget til effekten av utslippene, C_i , kan da beregnes ved hjelp av likning 2-2.

$$C_i = \sum_j C_{ij} = \sum_j E_j \cdot W_{ij} \quad (2-2)$$

Vekting av effektkategorier

Det er i dag stor uenighet om hvordan en vekting av de ulike effektkategoriene bør foregå, eller om de i det hele tatt bør vektes. En slik vekting kan gjøres både kvantitativt og kvalitativt, og det er da særlig den kvantitative vektningen som er omdiskutert. Dette innebærer å sette de ulike effektkategoriene opp mot hverandre, veie dem mot hverandre og gi en vektingsfaktor til hver av dem etter den faren de representerer. Det sier seg selv at å sammenligne skader på menneskers helse med global oppvarming eller forsuring ikke nødvendigvis er enkelt eller riktig, da alle de forskjellige effektkategoriene er like viktige i prinsippet. Dette vil bli som å sammenligne epler og pærer, og det er man ikke tjent med i analysen. Det er likevel greit å bruke vekting om en begrunner alle kvantitative valg som tas.

I denne analysen kommer ikke de ulike effektkategoriene til å vektes mot hverandre.

3. Måldefinisjon

3.1 Hensikt med oppgaven

I dagens samfunn står man overfor en utfordring med utviklingen av stadig mer effektive og miljøvennlige biler. Tilsvarende står dagens oljeselskaper overfor en stadig hardere miljøpolitikk med harde krav til brennstoffkvalitet. I tiden fremover kommer blant annet brenselcellebiler på markedet, som kan bli en sterk konkurrent til dagens bilpark. Dette vil føre til at en miljøprofil vil bli viktigere både for bilprodusenter og oljeselskaper. I denne analysen vil fire ulike drivstoffalternativer for en personbil bli vurdert mot hverandre, med systemet for bensinbil som referansesystem.

Det har vært ønskelig å kunne finne et kvantitativt mål på hva slags ”miljøgevinst” en kan vente seg ved å benytte et drivstoffalternativ fremfor et annet for persontransport. Det har også vært viktig for analysen å kunne identifisere i hvilke av de ulike livsløpsstadiene en kan finne de største utslippene til naturen fra de ulike systemene.

Analysen er en komparativ livsløpsanalyse der systemer for dieslbiler, brenselcellebiler og hybridbiler sammenlignes med et referansesystem bestående av bensinbiler.

Det vil bli fokusert litt ekstra på systemene for brenselcellebiler og hybridbiler, da de i dag ikke er etablert i Norge i samme grad som systemene for bensin- og dieslbiler og trenger en grundigere presentasjon.

3.2 Avgrensning av oppgaven

I analysen er utgangspunktet at en skal undersøke de miljømessige konsekvensene ved en overgang til et nytt system for persontransport i Norge, sett opp imot referansesystemet med bensinbiler. De tre alternative livsløpssystemene består av et system for dieslbil, et for en hybridbil med bensin og elektrisitet, og et for en brenselcellebil drevet med metanol. Samfunnsmessige eller økonomiske belastninger er ikke tatt med i vurderingen av de ulike systemene.

Utslipp til luft er i første rekke grunnen til at biltrafikk er et miljøproblem, og dette er også grunnen til at det er dette det er lagt mest vekt på i analysen.

Som nevnt i kapittel 2.4.3 vil det heller ikke bli foretatt en kvantitativ eller kvalitativ vektingsvurdering av effektkategoriene. Utslippene vil bli relatert til de respektive effektkategoriene, og systemene vil bli sammenlignet på dette grunnlaget

3.3 Funksjonell enhet

Da denne analysen er en komparativ analyse, vil det være viktig å velge samme funksjonelle enhet for de ulike systemene. Dette gjøres fordi en vil være sikker på at man sammenligner de samme tingene i de ulike systemene, da systemene avviker fra hverandre på forskjellige måter.

I et tilfelle som dette da systemene er ulike transportsystemer, vil det være naturlig å gå ut fra en utkjørt distanse som sammenligningsgrunnlag. Dette gir også muligheter for å legge inn ulike kjøremønstre, der en kan variere andelen by- og landeveiskjøring og på denne måten undersøke miljøgevinster forbundet med dette. I analysen er det brukt en 50/50 fordeling mellom by- og landeveiskjøring i de systemene data for dette har vært tilgjengelige, og da spesielt systemet for hybridbiler.

Den funksjonelle enheten for denne analysen er derfor satt til å være en utkjørt distanse på 150.000 km. Alle miljøbelastninger refererer til dette som hva som trengs av masse- og energistrømmer for å flytte en gjennomsnittlig personbil denne distansen.

3.4 Systemavgrensning

Data for de 4 ulike systemene har vært rimelig enkle å få tak i, med unntak av mer detaljerte opplysninger om utslipp fra norsk offshore- og petroleumsvirksomhet. Der har en vært nødt til å benytte utdaterte tall. Dette har ført til at systemene har blitt forenklet en del og delt inn i 4 livsløpsfaser, som forbruksfase for systemet eller produksjon av drivstoffet som brukes. Dette gjør oppgaven med å sammenligne de fire systemene litt enklere, da en har fire tilsvarende livsløpsfaser å sammenligne i tillegg til det totale resultatet fra hvert system.

Tiden som har vært til rådighet for analysen har i tillegg vært med på å begrense og avgrense oppgaven, da det i noen tilfeller har tatt tid å finne brukbare data for de ulike systemene.

Det har likevel vært et poeng å prøve å forenkle de ulike systemene mest mulig, slik at kun de aktiviteter som direkte kan knyttes til de ulike stadiene i livsløpet er inkludert i systemene. Det er ikke benyttet cut-off kriterier for systemavgrensning i denne analysen, avgrensningen har i hovedsak vært avhengig av tilgjengelige data.

Generelt for de fire systemene gjelder også at produksjonen av selve bilen er satt som en egen del i belastningsvurderingene og på utsiden av systemgrensene. Grunnlaget for denne beslutningen er at det er drivstoffet som er interessant for oppgaven og ikke selve bilen. Valget har dessuten blitt gjort på bakgrunn av resultater fra en analyse presentert i Graedel & Allenby (1995), der det viser seg at produksjonen av bilen har mindre betydning for de belastninger en bil påfører miljøet i forhold til forbruksfasen.

Ved å skille ut miljøbelastninger forbundet med produksjon av bilen fra de enkelte systemene, vil en kunne sjekke denne antagelsen i oppgaven. En kort følsomhetsanalyse vil bli utført for å sjekke om disse antagelsene holder i etterkant av analysen.

Utbygging av infrastruktur og prosessanlegg er også satt utenfor systemgrensene, med unntak av olje- og gassplattformen som allerede hadde inkludert data for blant annet prøveboring og utbygging av både plattform og infrastruktur. (Bakkane 1994)

For en mer detaljert beskrivelse av de ulike systemene og systemgrenser som er satt for disse, vises det til kartleggingsdelen senere i analysen.

3.5 Datakvalitet

Under gjennomføringen av analysen har det blitt lagt vekt på å prøve å finne mest mulig oppdaterte datamateriale. Dette har vært mer eller mindre vellykket, da mesteparten av dataene er fra de siste to årene. Unntaket er utslippsdata for olje- og gassproduksjon fra 1994 (Bakkane 1994), som baserer seg på antatt produksjon i år 2000. I tillegg har det blitt benyttet reelle produksjonsdata for år 2002 fra Olje- og energidepartementet (Olje- og Energi departementet, Fakta 2002).

Kilder for analysen har vært fra blant annet veileder, Fredrik Steineke, til ulike databaser som Simapro og materiale fra SSB.

3.6 Simapro

Simapro er et dataverktøy som er utviklet til bruk i livsløpsanalyser av Prè consultants i Nederland. Verktøyet er utviklet for å være både en kilde til data og til prosessering av disse. Programmet inneholder data om de fleste prosesser og aktiviteter, som for eksempel utslippsdata for raffineriprosesser eller utslippsdata for ulike transportmidler. Tallene er som regel gjennomsnittsdata for vest-Europa, noe som innebærer at de ikke alltid vil være representative for det systemet som blir undersøkt. Det er derfor viktig at en sjekker disse dataene nøye før en bruker dem som grunnlag i en analyse. Det en kan undersøke er hvilke aktiviteter som er inkludert i dataene og hvordan en har allokert for systemet. Dette skal være dokumentert i databasen.

4. Kartleggingsdel

4.1 Innledning

I denne delen av analysen vil de fire ulike livsløpssystemene som undersøkes bli presentert, blant annet ved hjelp av flytskjemaer og utslippsdata. Bakgrunnen for systemavgrensninger og datakilder vil også bli kommentert i denne seksjonen.

De ulike livsløpssystemene vil heretter bli omtalt som henholdsvis bensinsystemet, dieselsystemet, hybridsystemet og brenselcellesystemet.

4.2 Flytskjemaer for systemene

Hvert av de fire forskjellige systemene består hovedsakelig av fire ulike livsløpsstadier

- Produksjon av olje og gass, råmaterialene for bensin, diesel og metanol.
- Produksjon av drivstoffene bensin, diesel og metanol.
- Transport av drivstoffene til utsalgssted
- Forbruk av drivstoffene, henholdsvis i forbrenningsmotor eller brenselcelle.

Figur 4.1 til 4.4 viser livsløpet for de ulike systemene noe forenklet.

I Norge finnes det i dag raffinerier som Mongstad, som prosesserer råolje og gass fra flere ulike oljeplattformer. Det kan dermed være et problem å si nøyaktig hvor raffineriproduktene har sitt opphav fra. For å gjøre de 4 systemene mest mulig sammenlignbare antas det at råoljen som raffineres til bensin, diesel mm. har sitt opphav fra Heidrun-plattformen på Haltenbanken.

For å kunne sammenligne de ulike systemene er det viktig at de er så like som overhodet mulig. Dette innebærer blant annet at distansene produktene skal transporteres over må være like store. En direkte følge av å legge brenselcellesystemet til Tjeldbergodden og Trondheim, vil da være å også legge de andre systemene til samme sted.

Dette vil da bety at en kan legge et fiktivt raffineri, med utgangspunkt i data fra Mongstad, til Tjeldbergodden. Dersom en ikke gjør dette kan en risikere at brenselcellesystemet vil få en fordel med tanke på transport, da en er nødt til å transportere den raffinerte bensinen eller dieselen over større avstander enn det metanolen må. Det er likevel litt for enkelt å anta at en bare bygger et nytt raffineri på Mongstads størrelse ved Tjeldbergodden, da en kan bruke det allerede eksisterende anlegget uten noen store feil. En risiko ved å gjøre dette er som nevnt ovenfor at en kan "favorisere" et system over annet, men dersom en skal bruke det eksisterende bensinsystemet som et referansesystem vil det være en fordel å benytte seg av allerede eksisterende anlegg og infrastruktur for å gi et best mulig bilde av dagens situasjon.

4.2.1 Bensinsystemet

Bensinsystemet er bygget opp rundt eksisterende infrastruktur som er tilgjengelig i Norge i dag. Systemet er delt inn i 4 hoveddeler; utvinning av råolje, raffinering til bensin, transport av drivstoff og forbruksfase.

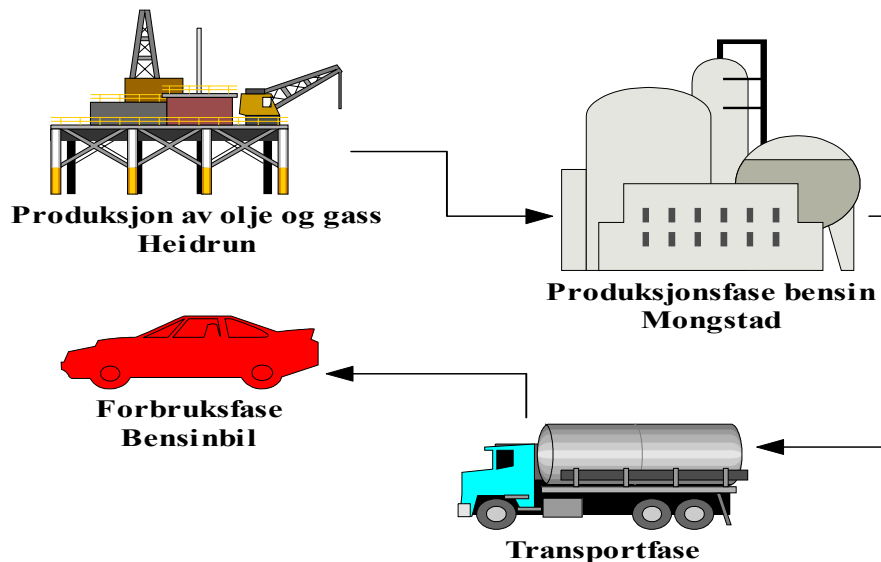
Utvinning av råolje er lagt til Heidrun-plattformen på Haltenbanken, som nevnt over, for å gi et felles utgangspunkt for de fire ulike systemene. Utslipp forbundet med transport av produkt fra plattformen er inkludert i tall fra Bakkane (1995).

Det antas også null svinn ved transportfase fra plattform til raffineri. De utslippstallene som er brukt i analysen baserer seg på et gjennomsnitt for norsk petroleumsindustri, slik at en kan benytte seg av disse om man skalerer opp dataene for Heidrun-plattformen. Det antas at det ikke vil oppstå noen alvorlige feil ved å allokere utslipp på massebasis.

Raffinering av bensin fra råolje vil skje ved Mongstad i Hordaland som nevnt over. Det antas at en kan allokere på massebasis uten å få noen store feil i analysen.

Det ferdige produktet vil transporteres med tankbil til en lagertank på Trolla utenfor Trondheim, for videre distribusjon til Trondheimsregionen. Derfra vil bensinen bli transportert til utsalgstasjoner i Trondheim sentrum. Data for tankbilen er hentet fra Bang, Flugsrud, Holtskog, Haakonsen, Larsen, Maldum, Rypdal & Skedsmo (1999). Det antas at dette begrensede distribusjonstilbudet er tilstrekkelig for å oppfylle drivstoffbehov i analysen. Det antas også her at man vil ha null svinn av drivstoff ved transport.

I systemet for bensinbil ble det benyttet data for en gjennomsnittlig norsk personbil drevet av bensin for bruksfasen (Bang et.al 1999). Dette blir gjort for å gi et best mulig bilde av virkeligheten, og blir mer relevant enn å bruke data for en spesifikk bilmodell som for eksempel en Mercedes Benz E190.



Figur 4.1: Figuren viser et forenklet flytskjema for livsløpssystemet for bensin.

4.2.2 Dieselsystemet

Forskjellene mellom systemene for bensinbiler og dieserbiler er i hovedsak at det benyttes data for en annen type forbrenningsmotor, ellers er de to systemene så godt som identiske. De to systemene bruker de samme systemgrenser, men skiller seg i masse- og energistrømmer.

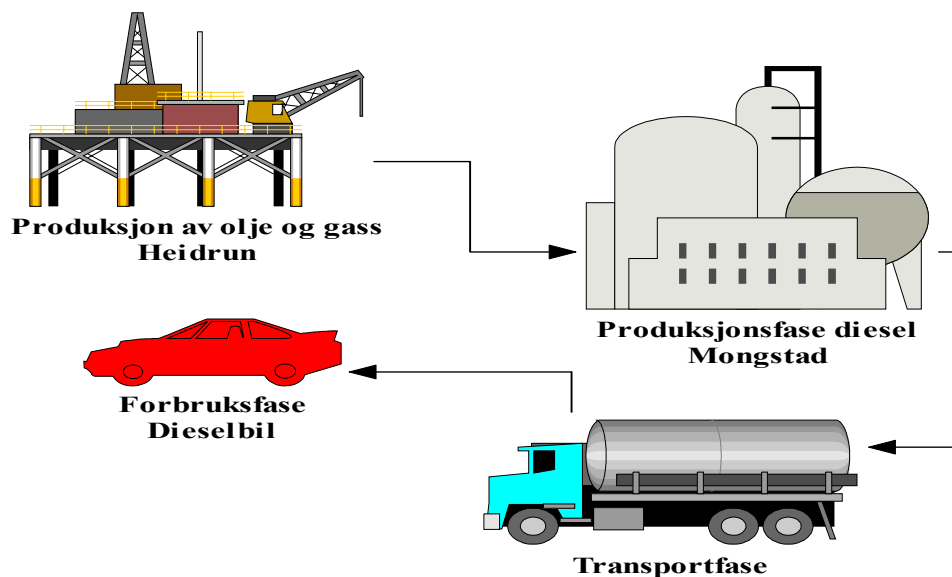
Systemet for dieserbil er delt inn i 4 hoveddeler; utvinning av råolje, raffinering til diesel, transport av drivstoff og forbruksfase.

Utvinning av råolje er lagt til Heidrun-plattformen på Haltenbanken, som for bensinsystemet. De samme antagelser som er gjort for bensinsystemet gjelder for dieselsystemet.

Raffinering av råolje til diesel skjer på Mongstad i Hordaland, som for bensinsystemet. De samme antagelser som er gjort for bensinsystemet gjelder for dieselsystemet.

Det ferdige produktet vil transporteres med tankbil til en lagertank på Trolla utenfor Trondheim, for videre distribusjon til Trondheimsregionen. De samme antagelser som er gjort for bensinsystemet gjelder for dieselsystemet.

Som for systemet for en bensinbil, beskrevet i kapittel 4.2.1, ble det i dieselsystemet benyttet data for bruksfasen fra Bang et.al (1999). Dette blir gjort for å gi et best mulig bilde av virkeligheten, og blir mer relevant enn å bruke data for en spesifikk bilmodell som for eksempel en Mercedes Benz 190D.



Figur 4.2: Figuren viser et forenklet flytskjema for livsløpssystemet for diesel.

4.2.3 Hybridsystemet

Systemet for hybridbiler og bensinbiler er identiske da begge systemene bruker bensin som drivstoff. De skiller seg gjennom at bilene er laget forskjellig, og at hybridbilen inkluderer et batteri som lades under kjøring. Hybridsystemet bruker de samme systemgrensene som bensinsystemet, men skiller seg i masse- og energistrømmer som i dieselsystemet.

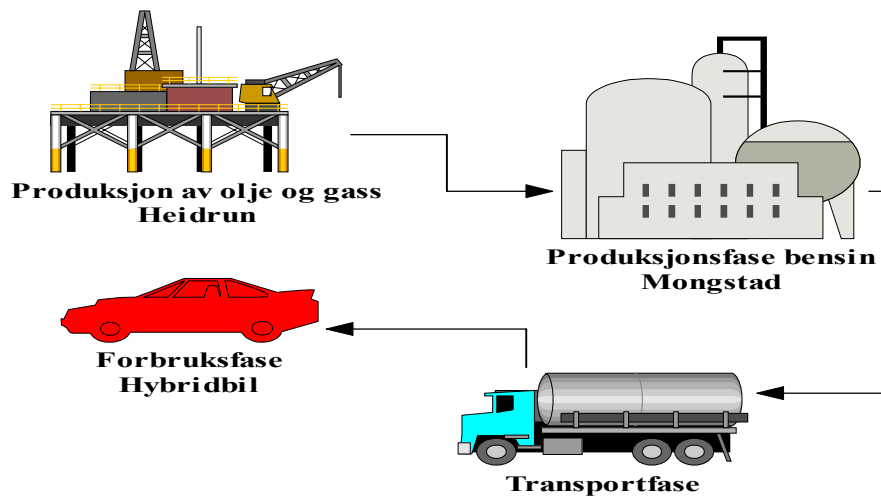
Systemet for hybridbil er delt inn i 4 hoveddeler; utvinning av råolje, raffinering til bensin, transport av drivstoff og forbruksfase.

Utvinning av råolje er lagt til Heidrun-plattformen på Haltenbanken, som i bensinsystemet. De samme antagelser som ble gjort for bensinsystemet gjelder for hybridsystemet.

Raffinering av råolje til bensin skjer på Mongstad i Hordaland, som for bensinsystemet. De samme antagelser som er gjort i bensinsystemet gjelder for hybridsystemet.

Det ferdige produktet vil transporteres med tankbil til en lagertank på Trolla utenfor Trondheim, for videre distribusjon til Trondheimsregionen. De samme antagelser som er gjort for bensinsystemet gjelder for hybridsystemet.

I bruksfasen i systemet til hybridbil ble det benyttet data for den mest ressurseffektive av 3 ulike kommersielt tilgjengelige hybridbiler, og utslippsdata fra forbruksfasen for en gjennomsnittlig norsk personbil drevet av bensin hentet fra Bang et.al (1999). Dette ble gjort da det var de best tilgjengelige data da analysen ble gjennomført.



Figur 4.3: Figuren viser et forenklet flytskjema av livsløpssystemet til en Hybridbil

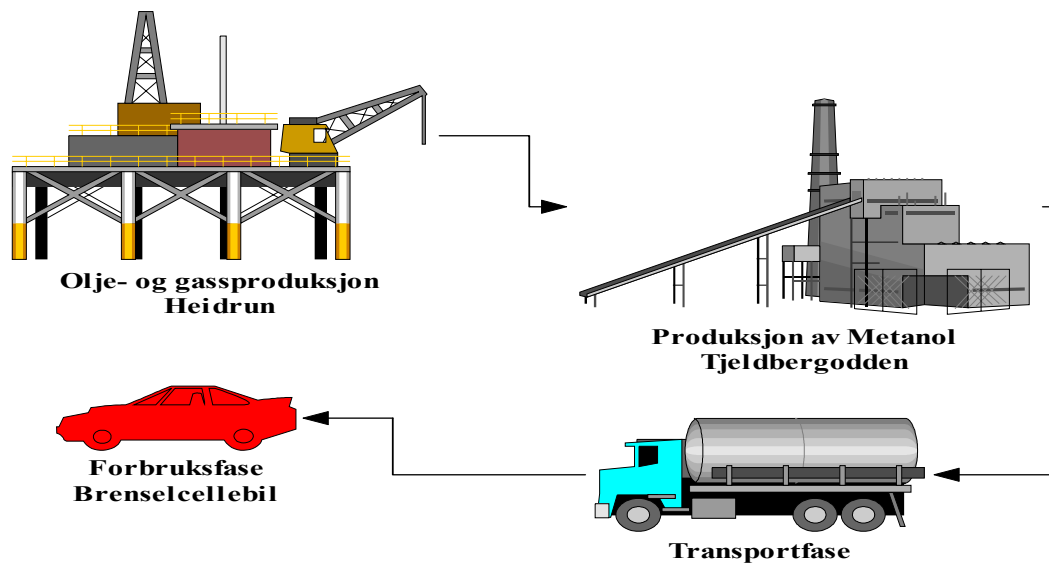
4.2.4 Brenselcellesystemet

Systemet for Brenselcellebil skiller seg fra de 3 andre livsløpssystemene på flere punkter. Da det allerede ligger en metanolfabrikk på Tjeldbergodden i Aure kommune på nord-Møre, var det naturlig å legge produksjon av metanol i analysen dit. Systemet for brenselcellebil er delt inn i 4 hoveddeler; utvinning av naturgass, produksjon av metanol, transport av metanol til utsalgsted og forbruksfase for brenselcellebil.

Metanolfabrikken på Tjeldbergodden er forsynt med naturgass fra Heidrun gjennom Haltenpipe-ledningen. Data for utvinning av naturgass er derfor hentet derfra, og dette er også hovedgrunnen til at de 3 andre livsløpssystemene benytter seg av Heidrun-plattformen som utgangspunkt for produksjon av råolje og naturgass.

Transport av metanol foregår med tankbil til en lagertank på Trolla utenfor Trondheim, for videre distribusjon til Trondheimsregionen. Det forutsettes i analysen at det eksisterer et infrastrukturnettverk for distribusjon av metanol via vanlige bensinstasjoner for brenselcellebiler drevet på metanol. Det forutsettes også null svinn i transportfasen.

For forbruksfasen ble det tatt utgangspunkt i Daimler-Chryslers Nocar, som snart vil være kommersielt tilgjengelig (www.daimlerchrysler.com). Da data for denne bilen enda ikke var tilgjengelig da analysen ble utført, ble det i stedet benyttet data for en gjennomsnittlig brenselcellebil drevet av metanol (Röder, 2001). Det forutsettes at en slik bil vil ha et tilgjengelig infrastrukturnettverk, og at den er tilgjengelig for privatpersoner.



Figur 4.4: Figuren viser et forenklet flytskjema av livsløpssystemet for metanol-brenselcellebil

4.3 Datakilder

4.3.1 Olje- og gassproduksjon – Heidrun

Utslippstall for Heidrun-plattformen er hentet fra Bakkane (1994), og produksjonstall er hentet fra Fakta 2002 (Olje- og Energidepartementet, 2002). Utslippstallene er basert på gjennomsnittstall for hele oljesektoren fremskrevet for år 2000 og ikke spesifikt for Heidrun-plattformen. Utslippene er relatert til produksjonen ved Heidrun av olje og gass, som i 2000 var på 10,3 millioner tonn olje og 880 Sm³ gass (tilsvarende ca. 740000 tonn olje).

4.3.2 Raffineri – Mongstad

Utslippsdata for raffineriet ved Mongstad er hentet fra SFT og Statoils miljørapport. Statoil er forpliktet til å kontrollere og oppgi utslipp forbundet ved drift av raffineriet. Utslippsdata er fra år 2001, og er relatert til årlig prosessering ved Mongstad som har en kapasitet på ca 10 millioner tonn pr år.

4.3.3 Metanolfabrikk – Tjeldbergodden

Utslippsdata for metanolfabrikken er hentet fra SFT og Statoils miljørapport. Statoil er forpliktet til å kontrollere og oppgi utslipp forbundet med drift av metanolfabrikken. Utslippsdata er for 2001, og er relatert til årlig produksjon ved Tjeldbergodden som har en kapasitet på ca 0,87 millioner tonn metanol.

4.3.4 Transport

Utslippstall for transport fra oljeplattform til raffineri eller metanolfabrikk er inkludert i data fra Bakkane (1994). Transportdata fra Tjeldbergodden og Mongstad via Trolla til Trondheim sentrum er tatt fra Bang et al. (1999) og beregnet ved hjelp av en ruteplanlegger fra statens veivesen (www.visveg.no). Det er benyttet en tankbil med lastekapasitet på ca 30 m³ for disse strekningene, som tilsvarer en tunggods lastebil i Bang et al. (1999). Energibruk er basert på brennverdien for diesel og avstanden tilbaketilgjort.

4.3.5 Forbruksfase - Bensinbil

Utslippsdata for en bensin personbil er hentet fra Bang et al. (1999), og er brukt som utgangspunkt for bensinsystemet, med et gjennomsnittlig bensinforbruk ca. 0,06 kg/km. Dette tilsvarer ca. 0,081 l/km som er et snitt av by- og landeveiskjøring. Energiforbruk er beregnet ut ifra brennverdien for bensin.

4.3.6 Forbruksfase - Diesebil

Utslippsdata for en diesel personbil er hentet fra Bang et al (1999). En regner med at en gjennomsnittlig diesel personbil med et drivstofforbruk på ca. 0,05 kg/km. Dette tilsvarer ca 0,064 l/km og er et snitt av by- og landeveiskjøring.

Energiforbruk er beregnet ut ifra brennverdien for diesel.

4.3.7 Forbruksfase - Hybridbil

Utslippsdata for en Hybridbil drevet med bensin er basert på tall for en Honda Insight (www.insightcentral.net), og tall for en gjennomsnittlig bensin personbil hentet fra Bang et al.(1999). Det ble vurdert 3 ulike hybridbiler for analysen, og den mest ressurseffektive ble foretrukket over de 2 alternativene.

En Honda Insight kan regne med å bruke ca. 0,027 kg/km, som tilsvarer ca. 0,036 l/km. Dette er regnet som et snitt av by- og landeveiskjøring.

Utslippstall er hentet fra Bang et al.(1999) og er basert på en gjennomsnittlig bensinbil. Disse dataene er justert i forhold til det noe lavere forbruket av drivstoff i forhold til bensinsystemet.

Energiforbruk er beregnet ut ifra brennverdien for bensin.

4.3.8 Forbruksfase - Brenselcellebil

Utslippsdata for denne analysen bruker Daimler-Chryslers Nekar 5 som et eksempel på en brenselcellebil. Modellen er såpass ny at den i disse dager testkjøres i USA for en forventet kommersiell lansering i 2004. Data for denne modellen er dessverre ikke publisert enda, men data for den litt eldre Nekar 3 er tilgjengelig. Nekar 3 har et metanolforbruk på 38 l metanol pr. 400 km ved optimale forhold, noe som tilsvarer ca 0,095 l/km. Metanolforbruket for Nekar 5 vil trolig ligge en del lavere enn dette, da vekten på kjøretøyet er redusert i tillegg til forbedrede brenselceller.

På grunn av det noe manglende datagrunnlaget for Nekar 3 er det benyttet gjennomsnittsdata fra Röder (2001) for metanolforbruk, som tilsvarer ca 0,05 l/km, i analysen. Dette regnes som mer realistiske data for en brenselcellebil produsert med dagens teknologi enn de tilgjengelige tallene for Nekar 3.

Da man ikke vet noe om den effekten bilens vekt har på drivstofforbruket, gjøres det ingen lineær tilnærming mellom disse. Dette blant annet fordi det er usikkert hvor stor innvirkning luftmotstanden, og dermed bilens design har på forbruket av drivstoff.

Utslipp av CO₂ har blitt beregnet ut fra en massebalanse for metanol, der det antas at alt karbon i metanol går over til CO₂. Röder (2001) er også brukt som kilde til utslipp for en metanoldrevet brenselcellebil, der det også oppgis utslipp av CO, NO_x og NMVOC fra reformeren.

Energiforbruk er beregnet ut ifra brennverdien for metanol.

4.3.9 Konstruksjon av bil

Data for miljøbelastningen forbundet med konstruksjon av en gjennomsnittlig bil, med mulighet for å skifte motorinnmat, er oppgitt i Röder (2001).

Det er tatt utgangspunkt i at en kan bruke samme karosseri i de ulike bilene, og bare skifte motor og ”innmat” i de ulike biltyperne som er brukt i analysen. Denne delen er ikke inkludert i noen av systemene da det kan diskuteres om den bør være med i de endelige resultatene. I stedet har det blitt utført en enkel følsomhetsanalyse for å vurdere om produksjon av bil bør inkluderes for de ulike systemene. Resultatene fra denne følsomhetsanalysen vil bli kommentert nærmere i diskusjonsdelen.

4.4 Systemavgrensning

Hvilke aktiviteter som inngår i de ulike livsløpsfasene vil bli gjennomgått i det følgende kapitlet, og illustrert ved hjelp av enkle figurer for å vise hva som er dekket ved beregningene av livsløpene til de ulike systemene. Et mål ved grensesettingen har vært å sikre at en inkluderer kjerneaktiviteter for det aktuelle systemet, og i tillegg prøve å fange opp de deler som har innvirkning for analysen som ikke er kjerneaktiviteter.

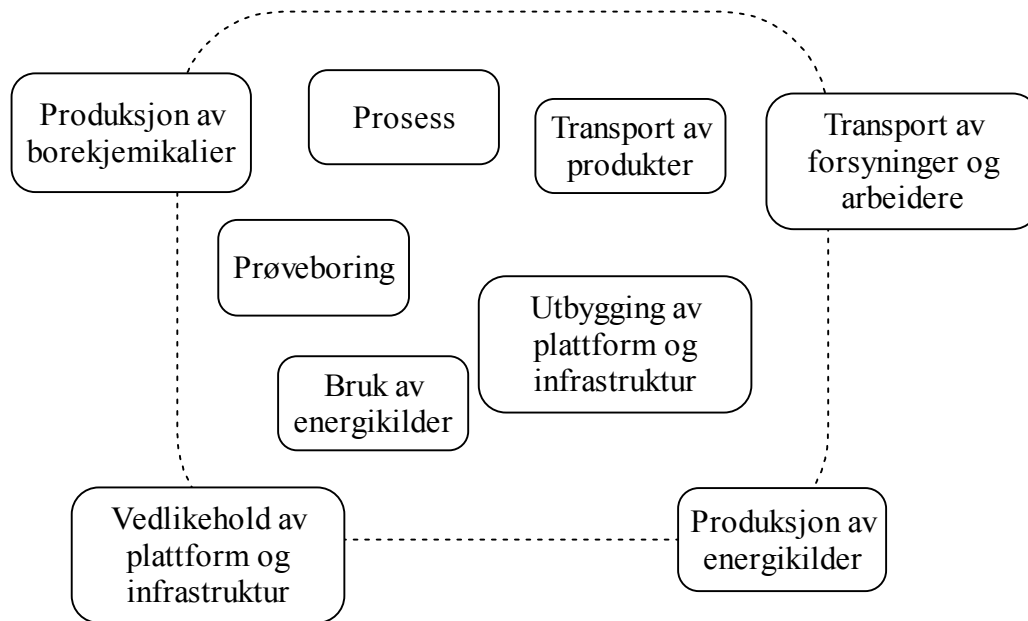
4.4.1 Olje- og gassproduksjon – Heidrun

Figur 4.5 viser systemgrenser til den delen av livsløpet i de ulike systemene som omhandler olje- og gassproduksjon.

De elementene som er inkludert i denne fasen av livsløpet er plassert innenfor de stiplede systemgrensene. Avgrensningen har vært avhengig av tilgjengelige data da analysen ble utført.

Legg spesielt merke til at utbygging av plattform og utbygging av infrastruktur er inkludert her, men ikke i de andre livsløpsfasene. Grunnen til at dette er inkludert, er på grunn av at datamateriellet som var tilgjengelig allerede hadde inkludert belastninger forbundet med dette.

Data for produksjon av borekjemikalier var dessverre ikke tilgjengelig da analysen ble utført, dette gjelder også data for produksjon av energikilder, transport av forsyninger og arbeidere og vedlikehold av plattform og infrastruktur.



Figur 4.5: Figuren viser hvilke aktiviteter knyttet til olje- og gassproduksjon som er definert innenfor systemgrensene i analysen.

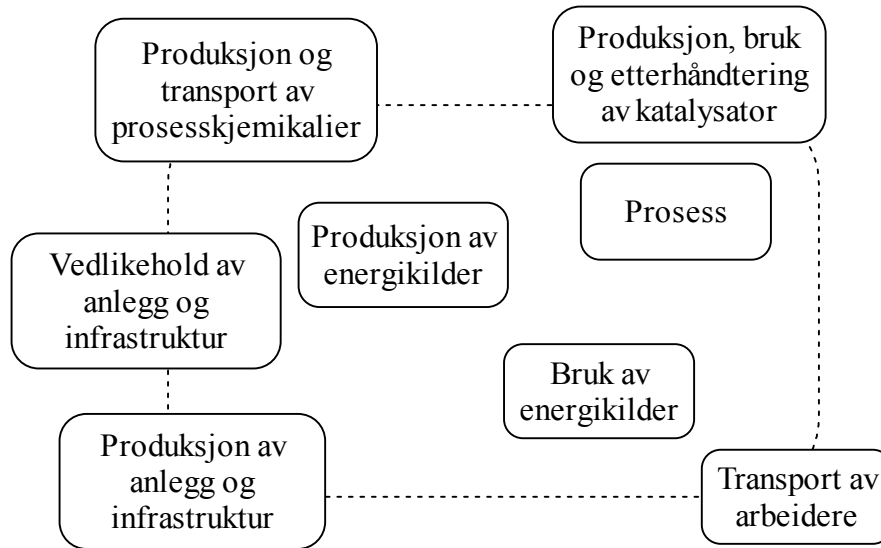
4.4.2 Produksjon av drivstoff - Mongstad/Tjeldbergodden

Figur 4.6 viser systemgrenser for den delen av livsløpet i de ulike systemene som omhandler produksjon av drivstoff. Denne inndelingen gjelder for alle de 4 ulike systemene, til tross for at produksjon av drivstoff avviker. Det blir produsert både bensin, diesel og metanol til bruk som drivstoff i analysen, og denne produksjonen foregår ved raffineriet på Mongstad og metanolfabrikken på Tjeldbergodden.

De elementene som er inkludert i denne fasen av livsløpet er plassert innenfor de stiplete systemgrensene, som over. Avgrensningen har vært avhengig av tilgjengelige data da analysen ble utført. Siden det ikke var tilgjengelig data for elementer som produksjon, bruk og etterbehandling av katalysator, eller for produksjon eller transport av prosesskjemikalier er disse utelatt av analysen. I motsetning til livsløpsfasen beskrevet i kapittel 4.4.1 er ikke produksjon, utbygging og vedlikehold av infrastruktur inkludert for denne delen av livsløpet for de ulike systemene, da det ikke fantes tilgjengelige data for dette da analysen ble utført.

Data for transport av arbeidere er heller ikke inkludert, men det kan diskuteres om et slikt element skal inkluderes for en slik analyse.

En av grunnene til at man kan gjøre en slik tilpasning er blant annet at en er nødt til å forutsette at det systemet en skal undersøke er et eksisterende system og derfor allerede er bygget. I tillegg vil et anlegg eller et kjøretøy med levetid på kanskje opp mot 20 år eller lengre "spre" miljøbelastning forbundet med produksjonen over hele livsløpet, og på den måten gi et relativt lite bidrag til en funksjonell enhet på 150 000 km utkjørt distanse.



Figur 4.6: Figuren viser hvilke aktiviteter knyttet til drivstoffproduksjon som er definert innenfor systemgrensene i analysen.

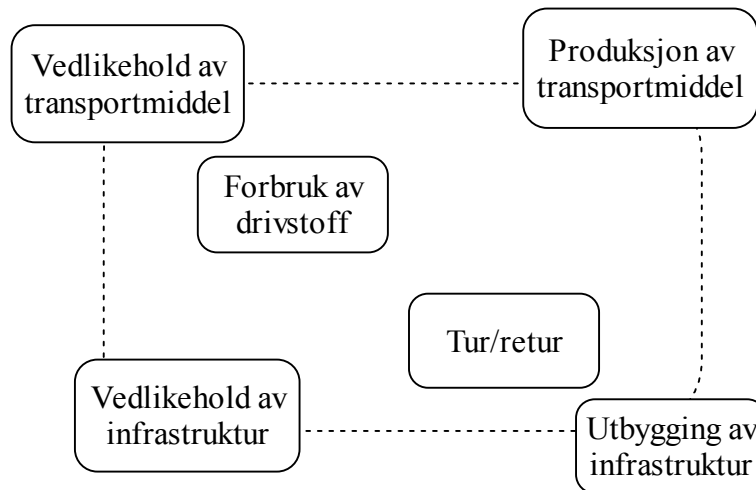
4.4.3 Transport av drivstoff til forbruker

Figur 4.7 viser systemgrenser for den delen av livsløpet i de forskjellige systemene som omhandler transport av de ulike drivstoffene til forbruker. Denne inndelingen gjelder for alle de 4 ulike systemene, til tross for at selve transportfasen skiller seg i hvor transporten skjer fra, og hvor store mengder det er snakk om.

De elementene som er inkludert i denne fasen av livsløpet er plassert innenfor de stiplede systemgrensene. Avgrensningen har vært avhengig av tilgjengelige data da analysen ble utført.

Det har ikke vært tilgjengelig data for produksjon og vedlikehold av transportmiddelet. Data for utbygging og vedlikehold av infrastruktur for denne delen av livsløpet har heller ikke vært tilgjengelig.

En av grunnene til at en kan gjøre en slik tilpasning er blant annet at en er nødt til å forutsette at det systemet en skal undersøke er et eksisterende system og derfor allerede bygget. I tillegg vil et anlegg eller et kjøretøy med levetid på kanskje opp mot 20 år eller lengre "spre" miljøbelastning forbundet med produksjonen over hele livsløpet, som nevnt i kapittel 4.4.2, og vil dermed gi et lite bidrag til funksjonell enhet.



Figur 4.7: Figuren viser hvilke aktiviteter knyttet til transport av drivstoffet som er definert innenfor systemgrensene i analysen.

4.4.4 Forbruk av drivstoff

Figur 4.8 viser systemgrenser for den delen av livsløpet som omhandler forbruksfasen for de ulike drivstoffene.

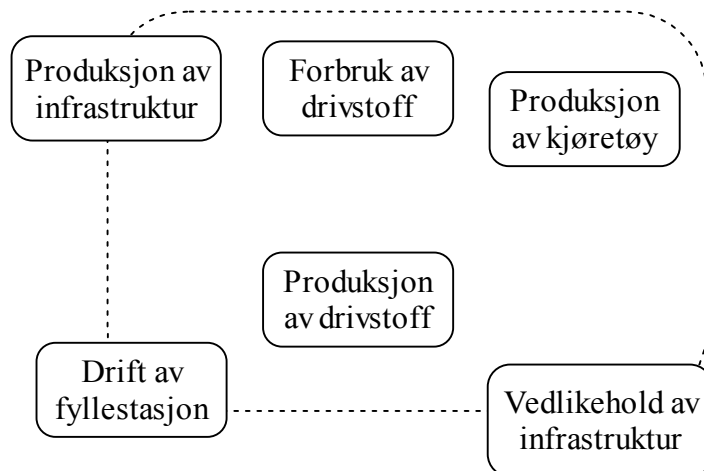
Denne inndelingen gjelder for de fire forskjellige systemene, selv om selve forbruksfasen og kjøretøyet som benyttes ikke er like.

De elementene som er inkludert i denne fasen av livsløpet er plassert innenfor de stiplede systemgrensene. Avgrensningen har vært avhengig av tilgjengelige data da analysen ble utført. Da det ikke var tilgjengelig data for produksjon og vedlikehold av infrastruktur forbundet med forbruksfasen, er ikke dette inkludert.

Elementet for drift av fyllestasjon ble ikke inkludert i analysen til tross av at det fantes data for dette.

En av grunnene til at en kan gjøre en slik tilpasning er blant annet at en er nødt til å forutsette at det systemet en skal undersøke er et eksisterende system og derfor allerede bygget. I tillegg vil et anlegg eller et kjøretøy med levetid på kanskje opp mot 20 år eller lengre "spre" miljøbelastning forbundet med produksjonen over hele livsløpet, som nevnt i kapittel 4.4.2, slik at denne belastningen vil bli neglisjerbar i forhold til den funksjonelle enheten.

Elementet for produksjon av bil til forbruksfasen er inkludert innenfor systemgrensene, men blir oppgitt separat. Dette gjøres for å teste om produksjon av selve bilen har noe å si for det totale livsløpet til de ulike bilene i en forenklet følsomhetsanalyse i kapittel 6.3.1.



Figur 4.8: Figuren viser hvilke aktiviteter knyttet til forbruk av drivstoffet som er definert innenfor systemgrensene i analysen.

4.5 Resultater av datasøk

Resultatene fra datasøket i analysen er presentert i tabell 4.1-4.4, for de fire ulike systemene. Tabellene viser de viktigste utslippene og energibruk til livsløpsstadiene i analysen for de fire forskjellige livsløpssystemene.

Beregninger er oppgitt i bilag B1-9 Alle beregninger er gjort i Microsoft Excel.

Tabell 4.1: Utslipp og energibruk for bensinsystemet. Alle tall for utslipp er oppgitt i kg, mens energiforbruk er oppgitt i kWh.

Komponent	Heidrun	Drivstoffproduksjon	Transport	Forbruksfase	Total
CO ₂	1434	1227	473,6	30000	33134,6
CO	2,54	-	2,13	2265	2269,67
NO _x	14,06	1,4383	4,93	168	188,43
N ₂ O	0,0456	-	0,0056	6	6,05
CH ₄	2,121	0,7565	0,022	15	17,9
SO ₂	0,444	0,7687	0,178	1,5	2,89
NM-VOC	22,64	16,3217	0,56	292,5	332,02
Energi	2031,99	3814,2	1779,6	115000	122625,79

Tabell 4.2: Utslipp og energibruk for dieselsystemet. Alle tall for utslipp er oppgitt i kg, mens energiforbruk er oppgitt i kWh.

Komponent	Heidrun	Drivstoffproduksjon	Transport	Forbruksfase	Total
CO ₂	2757	1023	376,5	24000	28156,5
CO	4,885	-	1,7	84	90,59
NO _x	27,03	1,1986	3,92	58,5	90,65
N ₂ O	0,088	-	0,0044	1,5	1,59
CH ₄	4,079	0,6304	0,018	15	19,73
SO ₂	0,854	0,6406	0,142	9	10,64
NM-VOC	43,54	13,6014	0,44	21	78,58
Energi	3907,7	3178,5	1414,6	88725	97225,8

Tabell 4.3: Utslipp og energibruk for hybridsystemet. Alle tall for utslipp er oppgitt i kg, mens energiforbruk er oppgitt i kWh.

Komponent	Heidrun	Drivstoffproduksjon	Transport	Forbruksfase	Total
CO ₂	639,4	547,5	211,2	13378,1	14776,2
CO	1,133	-	0,95	1010,1	1012,18
NO _x	6,269	0,641	2,2	74,92	84,03
N ₂ O	0,0203	-	0,0025	2,68	2,71
CH ₄	0,946	0,337	0,01	6,69	7,98
SO ₂	0,198	0,343	0,08	0,67	1,29
NM-VOC	10,1	7,279	0,25	130,44	148,07
Energi	906,1	1700,9	793,6	51282,7	54683,3

Tabell 4.4: Utslipp og energibruk for brenselcellesystemet. Alle tall for utslipp er oppgitt i kg, mens energiforbruk er oppgitt i kWh.

Komponent	Heidrun	Drivstoffproduksjon	Transport	Forbruksfase	Total
CO ₂	335,4	2288,8	61,4	8277,23	10962,8
CO	0,425	0,154	0,28	0,126	0,985
NO _x	1,839	3,09	0,64	0,025	5,594
N ₂ O	0,00605	-	0,0007	-	0,00675
CH ₄	0,295	-	0,003	-	0,298
SO ₂	0,0354	-	0,023	-	0,0584
NM-VOC	0,18	0,32	0,07	0,126	0,696
Energi	182	13200	230,6	35143,6	48756,2

5. Prosessbeskrivelser

For å kunne forstå systemene bedre er det viktig med litt bakgrunnskunnskap om de ulike elementene som inngår i de forskjellige livsløpsfasene. I denne delen av analysen vil en del viktige delelementer fra de ulike systemene bli presentert og beskrevet. Beskrivelse av en dieseldrevet og en bensindrevet forbrenningsmotor og mer informasjon om en forbrenningsmotor burde også vært inkludert, men dette ville da være utenfor analysens fokus.

Det kan en si da analysen ser på forskjeller ved bruk av ulike drivstoffer, og ikke forskjeller ved bruk av ulike forbrenningsmotorer.

5.1 Heidrun

Heidrun-plattformen er en olje- og gassplattform lokalisert på Haltenbanken som har vært i drift av Statoil siden 1995, og feltet ble oppdaget i 1985 av Conoco. Produkt som råolje blir hovedsaklig fraktet til Statoils råoljeterminal ved Mongstad i Hordaland for foredling, mens produkt som naturgass blir sendt til blant annet Statoils metanolfabrikk ved Tjeldbergodden på nord-Møre til bruk som råstoff til metanolproduksjon. Heidrun er fra 2001 også tilknyttet Åsgard transport, som er en rørledning som går via Kårstø i nord-Rogaland til Dornum i Tyskland for salg av naturgass til kontinentet. (www.statoil.com) Heidruns produksjon av olje og gass var for år 2000 på ca 10,3 millioner tonn råolje og 880 millioner Sm^3 naturgass (Fakta 2000, Olje- og Energidepartementet, 2000).

Tidligere ble naturgass sett på som et uønsket biprodukt av oljeproduksjon, som en var nødt til å separere fra råoljen og brenne ('flare') for å unngå uønsket trykkoppbygging på plattformen. Dette var en av grunnene til at oljesektoren hadde et enormt CO_2 -utslipp tidligere. I disse dager blir derimot naturgass sett på som en viktig kilde til både energi og råmateriale til kjemiske prosesser. Det er dermed ikke ønskelig å brenne denne ressursen, men heller bruke den for samfunnets beste.

I denne analysen er det regnet med at naturgass består av 100 % CH_4 . Dette er i realiteten ikke tilfelle da naturgass fra norske gassfelt består av en sammensetning på ca 87 % CH_4 og diverse andre elementer som etan, propan og andre enkle hydrokarboner (Bakkane 1994, Fakta 2000 – Olje- og Energidepartementet 2000).

5.2 Mongstad

Et raffineri er et komplekst prosessanlegg med flere ulike delprosesser, og det er dermed litt for omfattende å dekke alle delprosesser men de viktigste delprosessene vil imidlertid bli beskrevet litt nærmere i denne delen, og teorien er hentet fra Moulijn, Makkee & Van Diepen (2001).

Det vil bli sett litt nærmere på prosesser som er nødvendig for å produsere bensin og diesel ved et raffineri. Disse er blant annet:

- Primær destillasjon av råolje
- Ulike termiske og katalytiske prosesser
- Blanding av produkter
- Gjenvinnings- og utslippsreducerende prosesser.

5.2.1 Primær destillasjon av råolje

Råolje kan bestå av en sammensetning av flere tusen forskjellige komponenter som for eksempel ulike hydrokarboner, vann, diverse uorganiske salter, vannløselige metaller og suspendert materiale. Den spesifikke sammensetningen varierer fra reservoar til reservoar, med andre ord vil råolje fra for eksempel Saudi-Arabia ha en annen sammensetning enn Nordsjø-olje. Råoljen går gjennom flere ulike renseprosesser ved et raffineri for å fjerne uønskede urenheter som salter og vann, for så å gå gjennom en destillasjonsprosess for å dele råoljen inn i enklere fraksjoner som kan videreføres enklere.

5.2.2 Ulike termiske og katalytiske prosesser

De enkelte fraksjonene fra primærdestillasjonen går videre i anlegget og blir videreført ved behandling med ulike termiske og katalytiske prosesser. Hvilke prosesser som benyttes er avhengig av kvaliteten på det ønskede produktet. Det finnes flere ulike prosesser å velge mellom som katalytisk reforming, katalytisk cracking, hydrotreating og hydrocracking.

Et greit eksempel på disse er hydrotreating, som brukes for å fjerne uønskede heteroatomer (som N, O og S) fra komponentene ved å tilføre og erstatte disse med H i komponentene (hovedsaklig hydrokarboner). En bireaksjon ved denne prosessen er at en kan få hydrogenert dobbelbindinger og aromater. Hovedgrunnene til å behandle en fraksjon med hydrotreating er å ”rense” fraksjonen, slik at heteroatomer som svovel (S) ikke kan forgifte katalysatorer nedstrøms fra prosessen. I tillegg brukes det for å forbedre drivstoffkvaliteten og for å produsere et drivstoff som er mer miljøvennlig i bruk.

Et annet eksempel er katalytisk reforming som er en viktig prosess for å produsere drivstoff forbindelser med høyoktan kvaliteter, noe som er viktig for å unngå ”knocking” i en forbrenningsmotor. Prosessen er også et viktig bidrag til produksjon av aromater til den kjemiske industrien. Det produseres også store mengder hydrogen i denne prosessen, som er en viktig komponent for flere av de andre prosessene en bruker ved et prosessanlegg, for eksempel hydrotreating. Reaksjonene som foregår er blant annet at naftener reagerer til aromater og alkaner isomeriseres.

5.2.3 Blanding av produkter

Etter oppgradering av de ulike fraksjonene blandes disse med ulike tilsetningsstoffer for å oppnå de produktspesifikasjonene en er ute etter og lovpålagt å produsere. Et eksempel på dette er tilsetningen av metyl-tertbutyl-eter (MTBE) til bensin for å øke oktantal til ønskede spesifikasjoner.

5.2.4 Gjenvinnings- og utslippsreducerende prosesser

I dagens samfunn settes det krav til bedrifter fra myndigheter om utslipp til naturen og energibruk. Dette har ført til at flere prosesser er blitt utviklet for å senke utslipp av miljøskadelige komponenter til naturen, som for eksempel ulike absorpsjonsprosesser eller redesign av de eksisterende prosessene slik at en oppnår høyest mulig massevirkningsgrad for anlegget. En annen ting er utvikling av et varmevekslernetttverk ved et prosessanlegg for å utnytte varmeintegrasjonsmuligheter ved anlegget, slik at det totale energiforbruket kan reduseres ved å la varme strømmer ved anlegget varmeveksles med kalde. Slike tiltak vil være med på å øke energieffektiviteten ved et prosessanlegg og vil på den måten bidra til bedre bedriftsøkonomi såvel som et mindre ressursforbruk.

5.3 Tjeldbergodden

Tjeldbergodden ligger i Aure kommune på Mørkekysten.

Anlegget er dimensjonert for en årlig produksjon på ca 870 000 tonn (www.statoil.com). Et fullskala metanolanlegg er i likhet med et raffineri et prosessanlegg som består av flere delprosesser og samspill mellom disse. De viktigste delene av et slikt anlegg vil bli kort beskrevet her. Teorien i denne delen er hentet fra Moulijn et.al (2001), informasjonskriv fra Statoil og fra samtaler med veileder Fredrik Steineke.

De viktigste delene ved metanolfabrikken på Tjeldbergodden er:

- Luftgassfabrikk
- Gasmottak
- Metanolfabrikk (med primær og sekundær reformer, metanolreaktor og destillasjonsanlegg)

5.3.1 Luftgassfabrikken

Luftgassfabrikken forsyner metanolfabrikken med oksygen til prosessen som foregår i steam reformeren. Oksygenet blir produsert ved ekspansjon, nedkjøling og destillasjon av luft. Luften destilleres ved $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ og gir flytende oksygen, nitrogen og argon. Luft består i hovedsak av ca 78 % nitrogen og 20,9 % oksygen. I tillegg finnes det 1,1 % av andre forbindelser som karbondioksid, argon og hydrokarbonforbindelser (Smith og Smith, 1998).

Oksygenet blir transportert til metanolfabrikken der det inngår som en viktig del av metanolprosessen. Argonet som produseres og noe av nitrogenet selges, mens resten av nitrogenet slippes ut til luft igjen. Andre utslipp har luftgassfabrikken ikke. Destillasjonsprosessen er i tillegg meget energikrevende, men dette energibehovet dekkes delvis via internt generert kraft, og delvis via tilførsel fra kraftlinjen som er bygget til Tjeldbergodden (Statoils informasjonshefte).

5.3.2 Gassmottaksanlegg

I mottaksanlegget vil naturgassen fra Heidrun bli tilpasset metanolfabrikken, ved å justere temperatur og trykk på gassen. Det er også en fakkell ved mottaksanlegget som en sikkerhetsforutsetning om noe galt skulle skje ved tilførselen av gassen til anlegget. Naturgassen som kommer inn ved anlegget har et svovelinnhold på ca 3 ppm. Det er viktig at dette fjernes fra den gassen som skal brukes som fødestrøm til anlegget da svovelet vil deaktivere katalysatorer nedstrøms i anlegget. Dette gjøres ved å føre naturgassen gjennom en ”packed bed” kolonne fylt med sinkoksid, der svovelet reagerer med ZnO etter følgende formel:



Dette er en irreversibel reaksjon så sinkoksidet kan ikke regenereres, og må dermed skiftes ut regelmessig om en ikke kjører to slike kolonner i parallell. Ved gassmottaket ved metanolfabrikken på Tjeldbergodden regnes det med at en har to slike kolonner i parallell for å kunne drive kontinuerlig drift av anlegget. Dersom det hadde vært mer svovel i gassen en skal behandle, ville det vært hensiktsmessig å benytte andre rensemetoder. Det antas at produsenter av katalysatorer som ZnO har en ”take-back”-ordning for oppbrukt ZnO-katalysator for prosessering av dette.

5.3.3 Metanolfabrikken

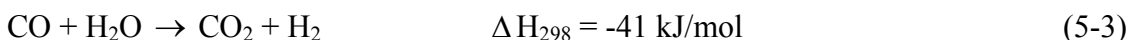
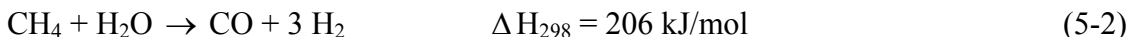
Råvarene for metanolprosessen er naturgass og oksygen.

Naturgassen blir behandlet ved hjelp av dampspalting, eller såkalt dampreforming, slik at en blir sittende igjen med syntesegass som kan brukes i prosessen.

Syntesegass, en blanding av H₂, CO og CO₂, er utgangspunktet for metanolprosessen (Steineke, 2002)

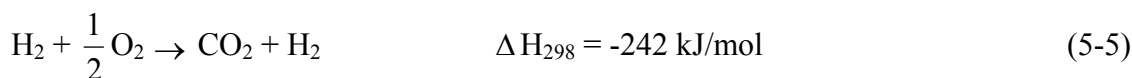
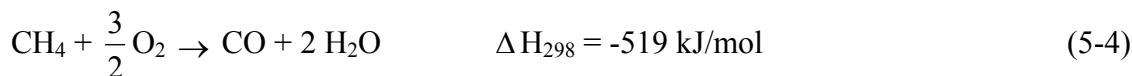
Tjeldbergodden har basert seg på kombinert reforming for produksjon av slik syntesegass. Kombinert reforming innebærer to reformere hvor den første er en damp reformer (steamreformer), mens den andre er en autotermisk reformer.

I steamreformerer foregår reaksjonen etter følgende ligninger:



Forbrenning av naturgass og overskuddsvarme fra metanolsyntesen brukes som energikilde i den første reformeren.

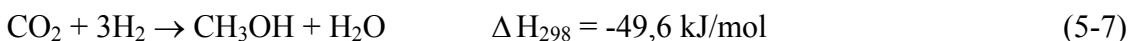
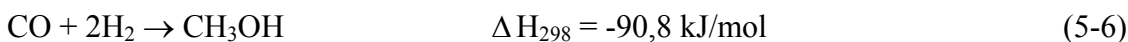
I sekundær reformeren tilføres vanndamp og ren O₂. Følgende reaksjonslikninger gjør seg gjeldende:



Reaksjonene er eksoterme, dvs. at de frigjør varme. Denne overskuddsvarmen benyttes så til å drive de endoterme reaksjonene 5-2 og 5-3, som skjer i den nedre delen av sekundærreformereren.

Metanolreaktoren som benyttes på Tjeldbergodden er en multirørs avkjølingsreaktor. Denne reaktortypen er mer energieffektiv enn alternativer som quench- eller adiabatisk reaktorer. Varme fjernes fra reaktoren ved at vann strømmer gjennom rørene og omdannes til vanndamp. Denne overskuddsvarmen kan deretter benyttes andre steder i anlegget, som for eksempel til å drift av destillasjonskolonner eller til bruk i reformerene.

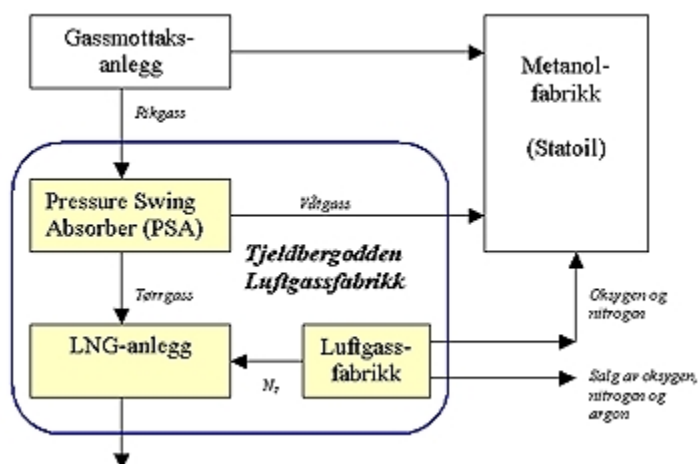
Metanol dannes ved å la syntesegassen reagere over en egnet katalysator, enten CO med H₂, eller CO₂ med H₂ slik ligning 5-6 og 5-7 viser:



Disse reaksjonene avgir en stor varmemengde som kan brukes andre steder, som nevnt over.

For å separere metanol fra andre biprodukter destilleres produktet. Separasjonssystemet består av 3 destillasjonskolonner som er koblet i serie. Det benyttes 3 destillasjonskolonner for å oppnå den ønskede renhet av metanol som produkt. Total karbonvirkningsgrad over hele metanolfabrikken er ca 79 %. Termisk virkningsgrad er ca 70 % (Steineke, 2002).

Figur 5.1 viser en enkel fremstilling av metolanlegg på Tjeldbergodden



Figur 5.1: Figuren viser en forenklet flytskjemaoversikt over Tjeldbergodden metolanlegg.

5.4 Hybridbil

Teorien i denne delen er hentet fra blant annet Moulijn et al. (2001), www.ott.doe.gov/hev og www.insightcentral.net.

5.4.1 Generelt om hybridbiler

En hybridbil kombinerer en tradisjonell forbrenningsmotor med batteriet og den elektriske motoren til en elektrisk bil, som fører til en bedring i ytelse i forhold til en vanlig bensinbil på ca det dobbelte. (Moulijn et al. 2001)

Dette resulterer i et kjøretøy som tilbyr fordelene med en tradisjonell forbrenningsmotor, som lengre rekkevidde og vel utbygd infrastruktur. I tillegg gir den også en energi- og miljømessig fordel forbundet med tradisjonelle elektriske biler.

Hybrid energisystemer ble utviklet som en måte å kompensere for dagens batteriteknologi for elektriske biler. Da dagens batterier er begrenset av vekt i forhold til hvor mye energi de kan levere, blir de elektriske bilenes rekkevidde begrenset da en er nødt til å gjøre en avveining mellom vekt og rekkevidde.

Ved å inkludere en forbrenningsmotordrevet generator, kunne en øke rekkevidden for slike biler betraktelig. Tidligere ble det antatt at det mest optimale innen elektriske biler var å basere seg mest mulig på elektrisitet fra kraftnettet for drift, for å oppnå maksimal effektivitet og minimale utslipp forbundet med bruk, til nyere og bedre batteriteknologi ble tilgjengelig (www.ott.doe.gov/hev).

Etter 20 års utvikling har dette fremdeles ikke skjedd, slik at hybridbiler har kommet mer og mer i fokus for videre utvikling, spesielt om en tar for seg utviklingen i bilmarkedet de siste årene.

Med dagens stadig strengere krav til bedre og mer effektive biler, så vel som drivstoffer, er det naturlig at hybridbiler vil få en viktigere og mer fremtredende rolle. Da en hybridbil kombinerer de beste egenskapene fra to forskjellige energikilder i en bil. Bruk av hybridbiler vil redusere blant annet utslipp av smogdannende forbindelser og drivhusgasser, men de vil aldri bli nullutslippskjøretøyer på grunn av forbrenningsmotoren som er inkludert.

Andre fordeler er en mer effektiv bruk av energi på grunn av bruken av regenerativ bremsing, som begrenser tap av energi ved å nyttegjøre seg noe av den bevegelsesenergien som går tapt ved bremsing og stopp. Drivstoffeffektivitet er også sterkt forbedret i forhold til vanlige kjøretøyer drevet kun av forbrenningsmotor, som bensinbiler, som en følge av dette.

En annen fordel med hybridbiler er at de kan minske avhengigheten til fossile brensler for persontransport, da de kan drives på alternative drivstoff og ikke bare fossile drivstoff som bensin eller diesel.

5.4.2 Ulike typer hybridbiler

Det finnes mange ulike måter å sette sammen en hybridbil på.

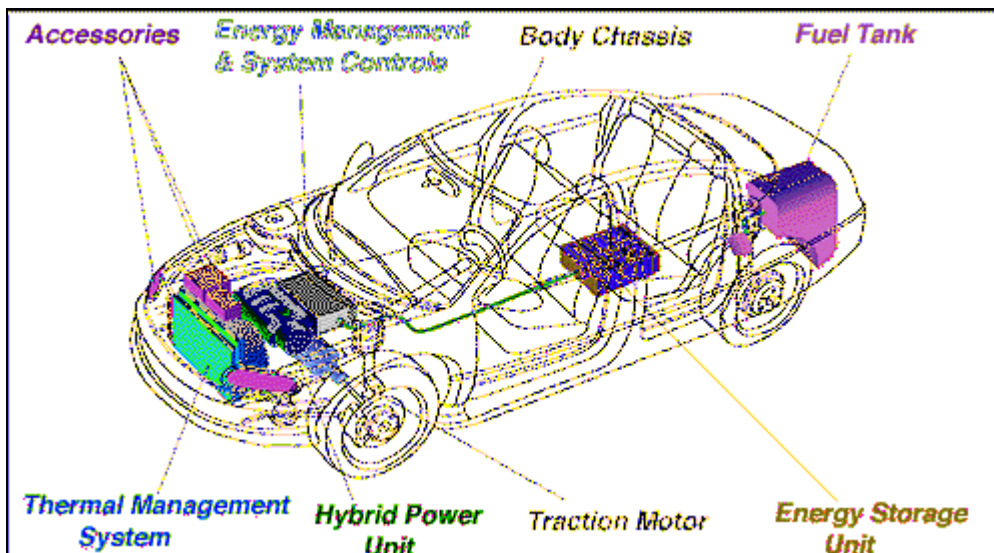
I hovedsak består den av en eller to energilagringssystemer, en eller to kraftgenereringsenheter og et fremdriftssystem. Alternativer for energilagring er som

nevnt i kapittel 5.4.1 blant annet batterier og andre alternative lagringsystemer, som kondensatorer og svinghjul under utvikling.

Alternativer for kraftgenerering er forbrenningsmotorer, både tennpluggsbaserte bensin- og kompresjonsbaserte dieselmotorer, gass turbiner og brenselceller. Det vanligste alternativet i dag er å benytte en liten forbrenningsmotor, enten en bensin- eller en dieselmotor.

Selve fremdriftssystemet består som regel av en elektrisk motor som er drevet av energilagringssystemet på hybridene. Det som bestemmer valg av fremdriftssystemet er ønsket effektivitet for hybridbilen. Effektiviteten og utslipp forbundet med drift av en hybridbil er avhengig av hvordan man kobler de ulike alternative subsystemene i den ferdige hybridbilen. Et eksempel på dette er en hydrogen brenselcellehybrid, som vil være mye mer effektiv og slippe ut mindre enn den hel-elektriske bilen som er drevet av kraft fra elektrisitetsnettet (www.ott.doe.gov/hev).

Figur 5.2 viser forenklet hva som inngår i en hybridbil.



Figur 5.2: Forenklet skjema over en hybridbil.

Kraftsystemene i hybridbilen kan kobles opp på to ulike måter, enten i serie eller i parallell.

Dersom en hybrid bruker et seriesystem, vil for eksempel en forbrenningsmotor drive en generator, som igjen driver en motor som får hybridene til å bevege seg.

I en hybridbil med et parallelt system vil en forbrenningsmotor og en elektrisk motor kunne drive bilen parallelt eller uavhengig av hverandre.

I analysen er det tatt utgangspunkt i en hybridbil basert på en Honda Insight. Denne hybridbilen benytter et parallellsystem og består av følgende elementer:

- **Bensin motor:**

Hybridbilen er basert på en bensinmotor, som ligner på den du finner på en vanlig bensinbil. Forskjellen ligger i at størrelsen på denne motoren er mindre og mer effektiv enn den du ville finne i en konvensjonell bensinbil. Ny og avansert teknologi er brukt for å øke energieffektiviteten og redusere utslipp forbundet med drift i motoren.

- **Drivstoff tank:**

Bensintanken er energilagringseenheten for bensinmotoren i hybridbilen. Bensin har en mye høyere energidensitet enn et konvensjonelt batteri vil ha (1000 lbs batterier ~ 7lbs bensin i energiinnhold), slik at en kan lagre en mye høyere energimengde ved å bruke en væske med høyt energiinnhold som bensin som energikilde, og ha dette som et bra alternativ til batteriene på hybridbilen. (www.ott.doe.gov/hev)

- **Elektrisk motor:**

Den elektriske motoren er modifisert på en hybridbil, slik at den kan fungere som en motor og en generator av energi. Dette betyr at den kan trekke energi fra batteriene for å akselerere, men også lade opp batteriene når hybridbilen senker farten under bremsing.

- **Batterier:**

Batteriene i hybridbilen vil fungere som lagringsmedium for den elektriske motoren. Batteriene kan lades opp av den elektriske motoren ved hjelp av regenerativ bremsing som nevnt over, og er dermed mer fleksibel enn forbrenningsmotoren, som er avhengig av tilførsel av drivstoff.

5.5 Brenselcellebil

Teori i denne delen er hentet fra Aaberg (2000) og fra www.fuelcells.org.

5.5.1 Brenselcellens historie

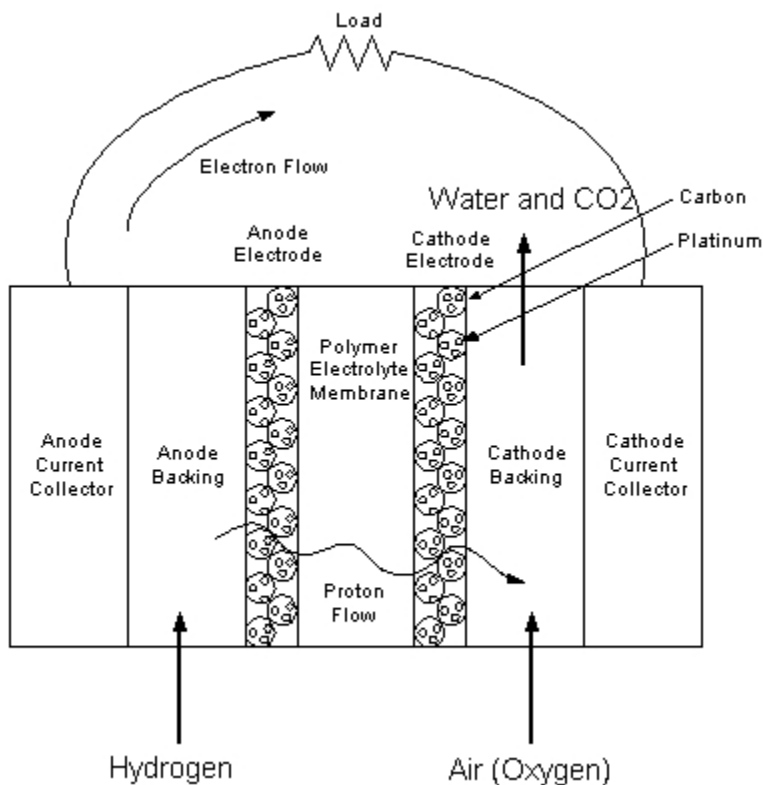
Teorien bak brenselceller ble første gang lagt frem i 1839. Det tok allikevel over 100 år før de første brenselcellene ble tatt i bruk. Dette var som energikilde i romraketter på 60-tallet. Problemet for en kommersialisering av brenselceller var lenge prisen på materialene som ble brukt; de kjemiske og elektriske egenskapene som kreves av en brenselcelle medførte bruk av dyre materialer.

5.5.2 Ulike typer brenselceller

Det finnes to hovedgrupper av brenselceller; høy temperatur celler og lav temperatur celler. Disse har en effekt på 30-60%, avhengig av typen brenselcelle. Lav temperatur celler opererer ved 70-90⁰ C, noe som gjør disse velegnet til bruk i biler. Disse har dessuten kommet lenger med tanke på kommersialisering enn det høy temperatur celler har. Allikevel gjenstår det en del problemer som må løses innen de kommer på markedet. (Aaberg 2000)

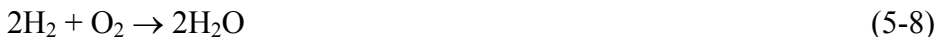
5.5.3 Prinsippet bak en brenselcelle

I prinsippet fungerer en brenselcelle akkurat som et batteri, men i motsetning til et batteri vil ikke en brenselcelle bli ladet ut eller trenge en gjenoppladning. En brenselcelle vil produsere energi i form av elektrisitet og varme så lenge en kan tilføre drivstoff til cellen.



Figur 5.2 Figuren viser hvordan en brenselcelle produserer elektrisitet.

Figur 5.2 viser noe forenklet hvordan en brenselcelle genererer strøm. En brenselcelle består av to elektroder som er samlet rundt en elektrolytt. Oksygen blir ført over den ene elektroden og hydrogen over den andre elektroden, noe som genererer elektrisitet, vann og varme. Hydrogen og oksygen reagerer etter ligning 5-8 og danner vann. Prosessen frigjør energi som kan utnyttes til for eksempel å drive en bil.



Hydrogen blir ført inn i anoden i brenselcellen, og oksygen (eller luft) blir ført inn i brenselcellen gjennom katoden. Ved hjelp av en katalysator får en hydrogenatomene til å splittes til et proton og et elektron, som følger forskjellige veier til katoden. Protonet passerer gjennom elektrolytten som skiller anoden og katoden, mens elektronet skaper en separat strøm via en ytre sløyfe, til katoden, som kan utnyttes for elektrisk strøm. Ved katoden forenes disse med et oksygenmolekyl og danner et vannmolekyl.

Et brenselcellesystem som inkluderer en drivstoff reformer kan bruke hydrogen fra hvilket som helst hydrokarbonbasert drivstoff, fra naturgass til metanol, til og med bensin eller diesel. Da en brenselcelle er avhengig av kjemiske prosesser og ikke en forbrenningsprosess, vil utslipp forbundet med slike system være betraktelig mindre enn utslipp fra den reneste forbrenningsprosess.

5.5.4 Bruk av metanol i brenselcelle

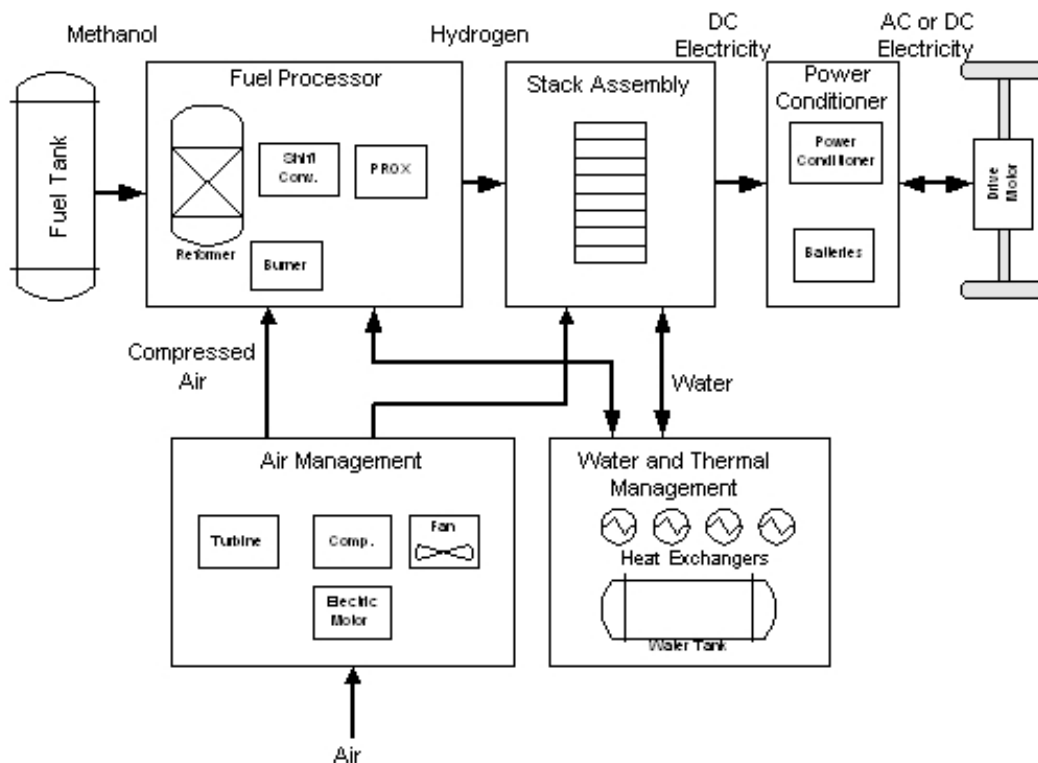
I utgangspunktet er det hydrogen som er drivstoffet i de fleste typer brenselceller, men for transportsektoren kan det lønne seg å benytte en hydrogenbærer som metanol som drivstoff. En av grunnene til dette er at hydrogen er en meget reaktiv gass mens metanol, som er en væske ved romtemperatur, vil kunne lagres og transporteres uten større kostnader eller risiko. I tillegg har væsker som metanol stort sett de samme fysiske egenskapene som bensin, slik at det eksisterende infrastrukturnettverket for bensin også kan benyttes for metanol.

For at brenselcellen skal kunne nyttiggjøre seg av hydrogenet i metanolen, er man avhengig av å ha en liten reformer montert i bilen som nevnt i kapittel 5.5.3.

Denne reformeren fungerer ved å omdanne metanolen til CO_2 og H_2 , slik at brenselcellen kan drives på H_2 .

Som nevnt i kapittel 5.5.3 kan en brenselcellebil med en drivstoffreformer drives av hvilket som helst hydrokarbonbasert drivstoff.

En brenselcellebil drevet på metanol er enkelt beskrevet i figur 5.3.



Figur 5.3: Figuren viser et forenklet oppsett for en brenselcelle som benytter metanol som drivstoff.

6. Resultater

6.1 Innledning

For presentasjon av resultater fra analysen er det greit å henvise til kapittel 2 om livsløpsanalyser for teori rundt hvordan en skal komme frem til et endelig resultat for analysen.

De følgende figurene som presenteres vil være basert på valg av effektkategorier som GWP (global warming potential) og forsuringspotensial for denne analysen, men det er viktig å understreke at det finnes flere andre forskjellige effektkategorier en kan undersøke.

For analysen er det i hovedsak utslipp av komponenter som CO₂, SO₂, CO, NO_x, CH₄, N₂O og NM-VOC som har blitt vurdert, da det i hovedsak er utslipp til luft som er hovedmiljøproblemet forbundet med biltrafikk i dag.

Resultatene som ble presentert i tabell 4.1 til 4.4 fra kapittel 4.5 vil være utgangspunktet for beregning av miljøpåvirkning innen de ulike effektkategoriene.

De ulike komponentene bidrar til forskjellige effektkategorier som presentert i tabell 6.1, og vektingsfaktorer for de ulike komponentene er gitt i bilag B 9.

Tabell 6.1: Tabellen fremgir en oversikt over hvilke effektkategorier som påvirkes av de aktuelle utslippskomponentene fra livsløpene til de ulike livsløpssystemene.

Komponent:	GWP	Forsuring	POCP
CO ₂	X	-	-
CO	-	-	X
NO _x	-	X	_*
N ₂ O	X	-	-
CH ₄	X	-	X
SO ₂	-	X	-
NM-VOC	-	-	X

*NO_x er ikke begrensende komponent ved dannelsen av bakkenært ozon, men er en forutsetning for at reaksjonen skal forekomme (Christiansen et.al 1995). Med andre ord vil nærværet av NO_x og sollys bestemme om en får dannet bakkenært ozon (smog) eller ikke.

6.2 Resultater

Resultatene fra analysen er presentert ved hjelp av figur 6.1-6.4, disse gir en relativ sammenligning av de respektive systemers miljøpåvirkning for den aktuelle effektkategorien.

Alle tall som er brukt her har basis fra bilag B1-9 og er relatert til funksjonell enhet for analysen, som har vært 150 000 km utkjørt distanse med en gjennomsnittlig personbil av den aktuelle typen.

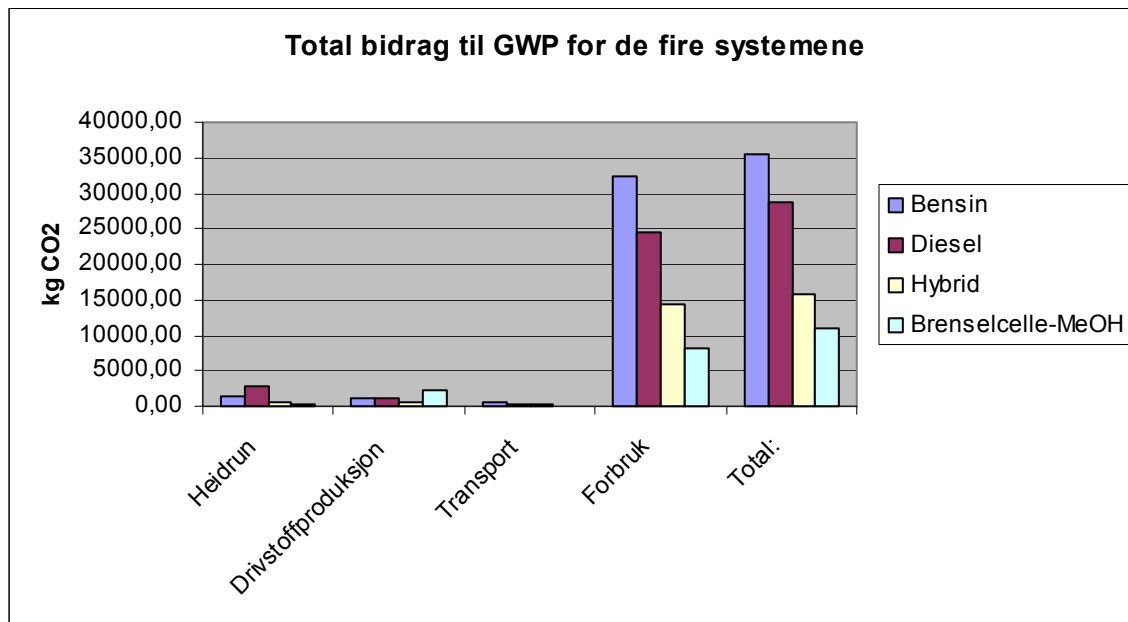
Hver av de fire figurene tar for seg hver sin effektkategori, og er oppgitt i enheter som kg CO₂ for GWP, kg SO₂ for forsuring, kg eten for POCP og kWh for energibruk.

De fire ulike livsløpsfasene som er undersøkt for de fire systemene er oppgitt, i tillegg til en totalverdi for hvert av de fire ulike livsløpssystemene.

6.2.1 Global warming potential (GWP)

Bidraget til GWP skiller seg ganske kraftig mellom de 4 ulike systemene, som sett fra figur 6.1. Referansesystemet for en bensinbil er det livsløpssystemet som totalt sett gir det høyeste bidraget til GWP av de fire livsløpssystemene. Felles for de fire systemene er at det største bidraget til GWP kommer fra den samme livsløpsfasen, nemlig forbruksfasen. Livsløpssystemet for bensin kommer dårligst ut i denne fasen og i transportfasen, og gir et større bidrag til GWP enn de tre andre systemene.

Det som er interessant å merke seg er at systemet for brenselcellebil drevet med metanol kommer dårligst ut i fasen for drivstoffproduksjon, mens det totalt sett har det laveste bidraget til GWP av de 4 systemene i analysen. Det er også verdt å merke seg at systemet for diesel har det største bidraget til GWP for livsløpsfasen for olje- og gassproduksjon.



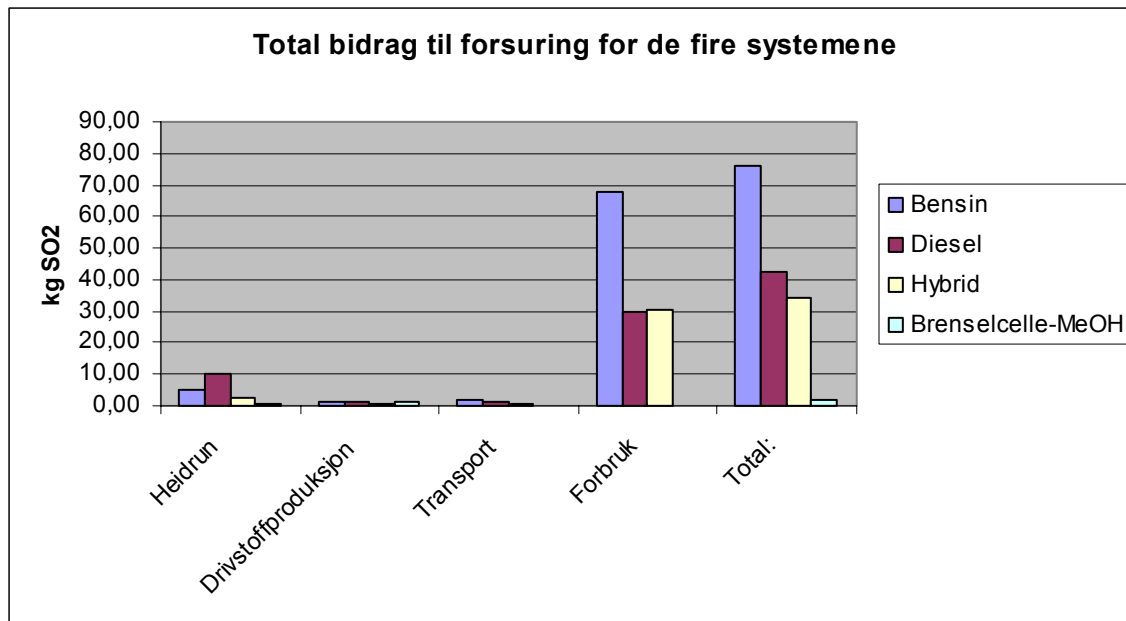
Figur 6.1: Figuren viser bidrag til GWP for de ulike livsløpsfasene og det totale bidraget for de fire livsløpssystemene.

6.2.2 Forsuringspotensial

Bidrag til forsuring for de fire ulike livsløpssystemene kan ses ut ifra figur 6.2.

De fire systemene skiller seg også her ganske kraftig i bidrag, og referansesystemet med en bensinbil har også for denne effektkategorien det klart største bidraget.

Det største bidraget for tre av de fire systemene er fra forbruksfasen, som for effektkategorien for GWP. Det største enkeltbidraget til forsuringspotensial kommer fra forbruksfasen for bensinsystemet. Referansesystemet for bensinbil kommer dårligst ut i alle livsløpsfasene bortsett fra for olje- og gassproduksjon, der dieselsystemet kommer dårligst ut med det største bidraget til forsuringspotensial.



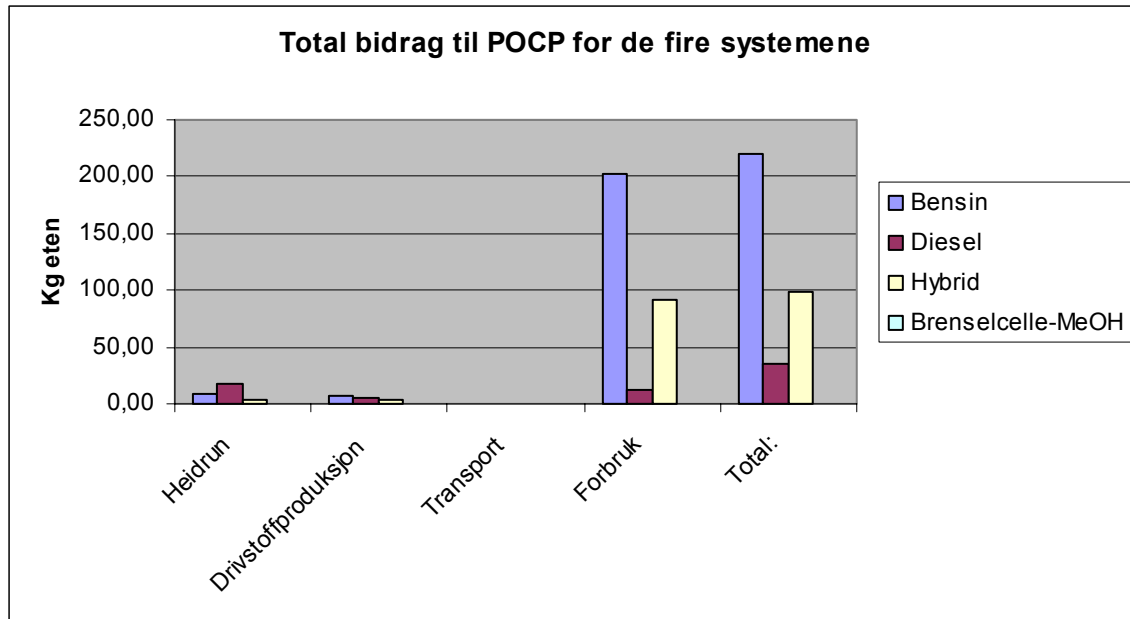
Figur 6.2: Figuren viser bidraget til forsureningspotensial for de ulike livsløpsfasene og totalbidraget for de fire livsløpssystemene.

6.2.3 Fotokjemisk ozondannelses potensial (POCP)

Bidrag til POCP for de ulike livsløpssystemene er vist i figur 6.3.

De fire systemene skiller seg fra hverandre kraftig også for denne effektkategorien.

Det systemet med det største bidraget er også her referansesystemet for en bensinbil. Det største bidraget for de fire systemene skjer i forbruksfasen, og bensinsystemet har størst bidrag til POCP også her. Det er verdt å merke seg at brenselcellesystemet ikke har noe spesielt bidrag til denne effektkategorien i det hele tatt, sammenlignet med de tre andre systemene. Det er også verdt å merke seg at dieselsystemet også for denne effektkategorien kommer dårligst ut for livsløpsfasen for olje- og gassproduksjon.



Figur 6.3: Figuren viser bidraget til POCP for hver av livsløpsfasene og det totale bidraget for de fire livsløpssystemene.

6.2.4 Energibruk

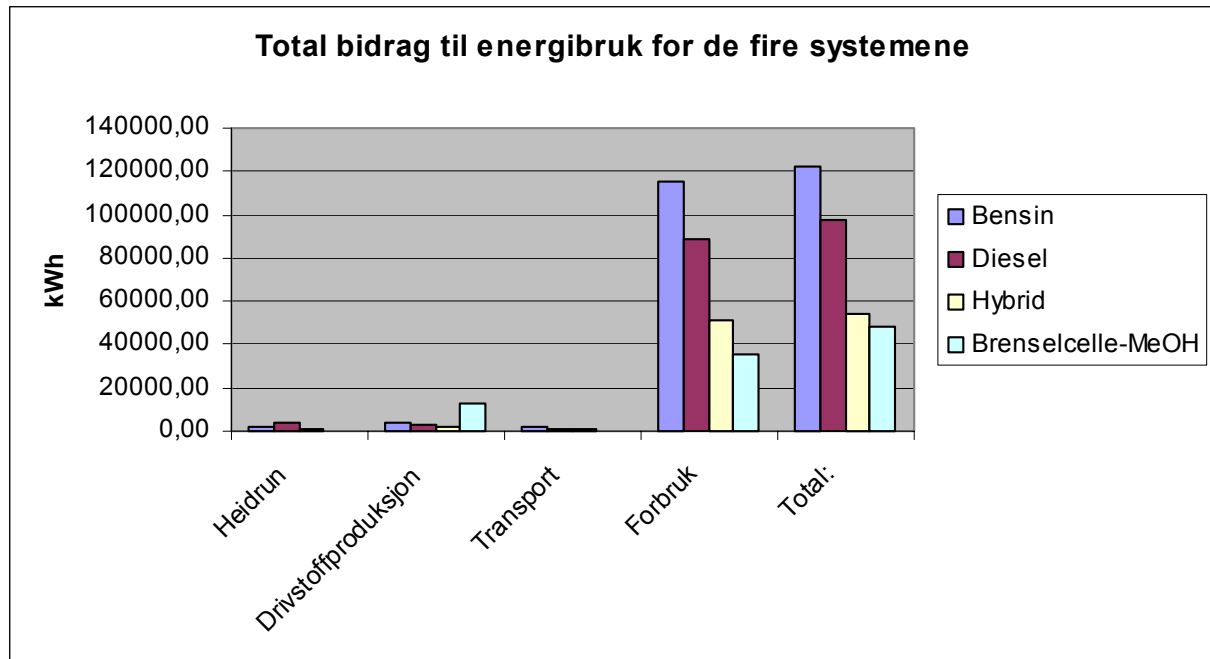
Bidrag til energibruk for de ulike livsløpssystemene vises i figur 6.4.

De fire systemene skiller seg fra hverandre også for denne effektkategorien.

Referansesystemet for bensinbil kommer dårligst ut også for denne effektkategorien, med det største bidraget til energibruk.

Det største bidraget for denne effektkategorien finner man i forbruksfasen for alle de fire livsløpssystemene. Dieselsystemet har også for denne effektkategorien det største bidraget fra livsløpsfasen for olje- og gassproduksjon.

Det er verdt å merke seg at også her kommer systemet for brenselcellebil best ut, selv om det også noe overraskende har det største enkeltbidraget for livsløpsfasen for drivstoffproduksjon.



Figur 6.4: Figuren viser bidraget til energibruk for hver av livsløpsfasene og det totale bidraget for de fire livsløpssystemene.

6.3 Følsomhetsanalyse

De resultatene som presenteres i kapittel 6.2 er basert på flere antagelser, blant annet at produksjon av bil til hvert av systemene ikke vil ha noe å si for sluttresultatet. En annen antagelse går på at svinn forbundet med transport av drivstoff innad i systemene ikke vil ha noe å si for det totale resultatet. Disse antagelsene vil bli etterprøvd i dette kapittelet.

6.3.1 Følsomhetsanalyse: Bilproduksjon

I kapittel 3.4 ble det vist til en analyse av Graedel og Allenby (1995), som sier at produksjon av en bil ikke vil ha noe å si for det totale resultatet i en livsløpsanalyse. Analysen tar for seg belastningene en bil påfører miljøet, sammenlignet med bruksfasen, og kan dermed neglisjeres.

Beregninger og data for denne forenklete følsomhetsanalysen er oppgitt i bilag B 1-2 & 10. Denne delen tar kun for seg endringer i totalbidrag fra de ulike livsløpssystemene i de fire effektkategoriene og sier ingen ting om mengder eller hvilket system som er best eller verst. Den prøver kun å gi et bilde av riktigheten av å inkludere systemelementet ”produksjon av bil” eller ikke i de enkelte livsløpssystemene i analysen.

Global warming potential (GWP)

Tabell 6.2 viser endringer i bidrag til effektkategorien GWP fra de ulike livsløpssystemene ved å inkludere data for produksjon av bil.

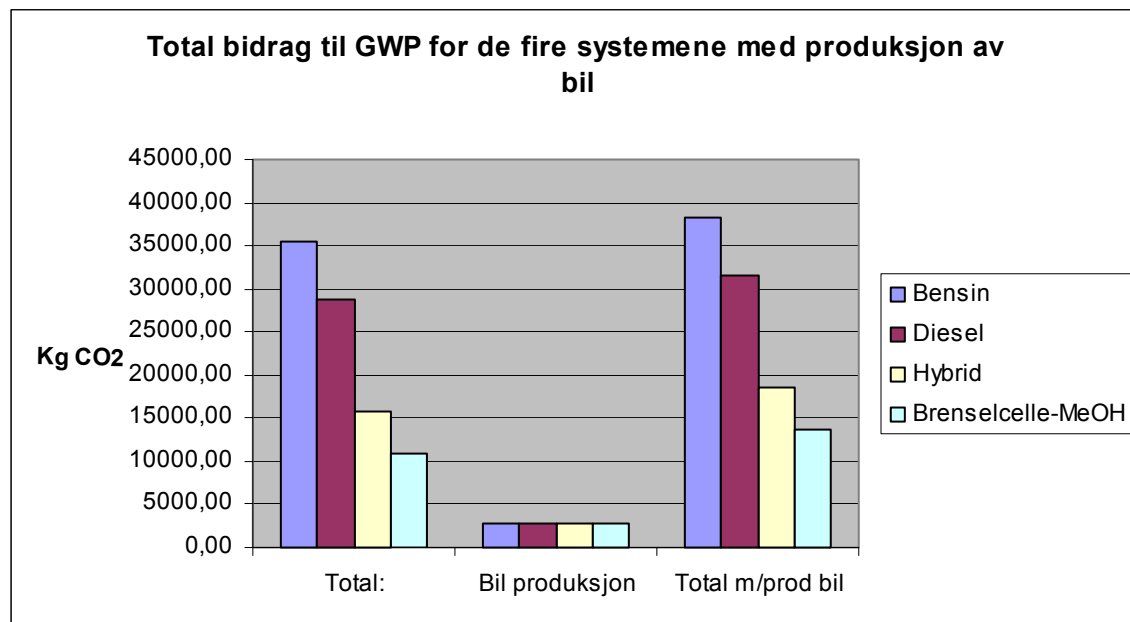
Som man ser er den prosentvise endringen i det totale bidraget forholdsvis stor for alle de fire livsløpssystemene og ligger godt over 5 %. Det største utslaget finner man for livsløpssystemet for brenselceller, der endringen tilsvarer en økning på ca 25 %.

Tabell 6.2: Tabellen angir endring i effektkategorien GWP for de fire ulike livsløpssystemene om man inkluderer produksjon av bil i livsløpssystemene.

GWP				
Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	35510,14	38279,44	2769,30	7,80
Diesel	28782,27	31557,77	2775,50	9,64
Hybrid	15835,28	18619,92	2784,64	17,59
Brenselcelle	10974,01	13754,81	2780,81	25,34

Figur 6.5 viser en grafisk fremstilling av påvirkningen av å inkludere produksjon av bil i livsløpssystemet for effektkategorien GWP.

Resultatene fra denne delen vil bli nærmere kommentert i kapittel 7.2.1.



Figur 6.5: Figuren viser det totale bidraget for de fire ulike systemene, både med og uten produksjon av bil, for effektkategorien GWP.

Forsuringspotensial:

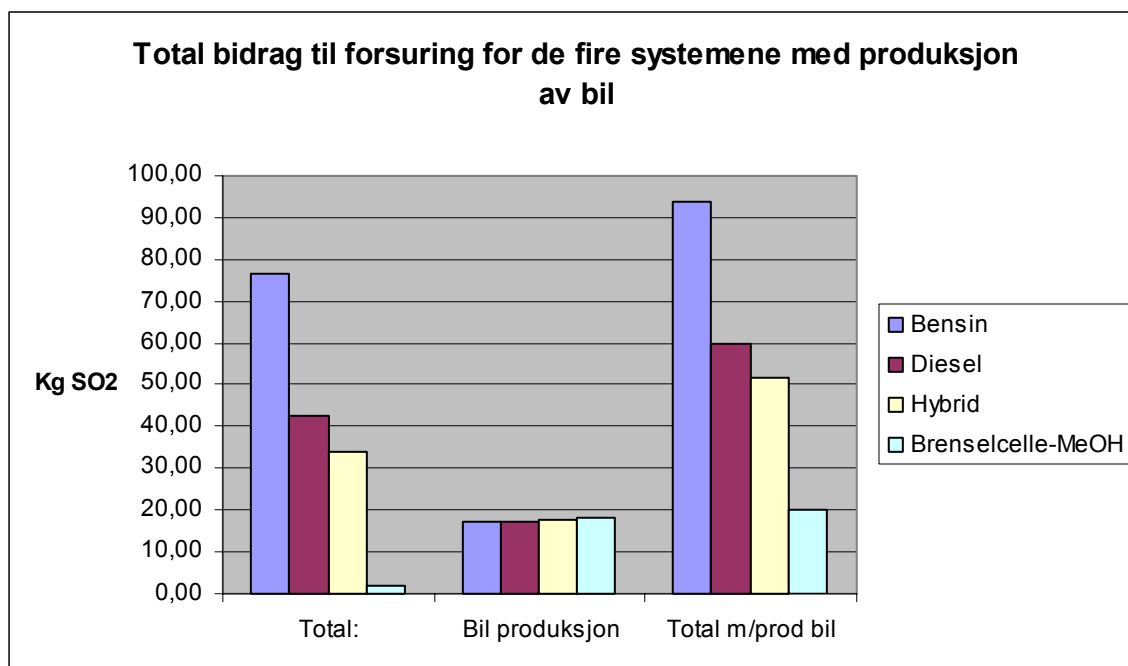
Tabell 6.3 viser endringer i bidrag til effektkategorien forsuring fra de ulike livsløpssystemene ved å inkludere data for produksjon av bil. Som man ser er den prosentvise endringen i det totale bidraget veldig stor for alle de fire livsløpssystemene og ligger godt over 20 %. Det største utslaget finner man for livsløpssystemet for brenselceller, der endringen tilsvarer en økning på over 900 %.

Tabell 6.3: Tabellen angir endring i effektkategorien forsuring for de fire ulike livsløpssystemene om man inkluderer produksjon av bil i livsløpssystemene.

Forsuring				
Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	76,34	93,68	17,34	22,72
Diesel	42,36	59,75	17,38	41,03
Hybrid	34,04	51,61	17,57	51,62
Brenselcelle	2,02	20,23	18,21	903,49

Figur 6.6 viser en grafisk fremstilling av påvirkningen av å inkludere produksjon av bil i livsløpssystemet for effektkategorien forsuring.

Resultatene fra denne delen vil bli nærmere kommentert i kapittel 7.2.1.



Figur 6.6: Figuren viser det totale bidraget for de fire ulike systemene, både med og uten produksjon av bil., for effektkategorien forsuringspotensial.

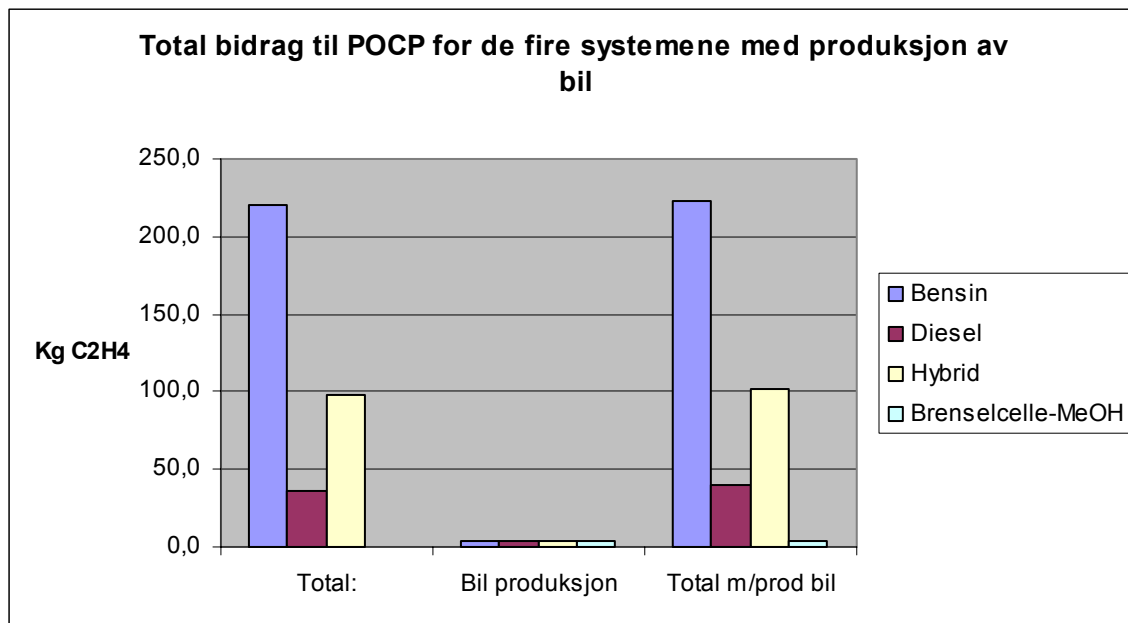
Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP):

Tabell 6.4 viser endringer i bidrag til effektkategorien POCP fra de ulike livsløpssystemene ved å inkludere data for produksjon av bil. Som man ser er den prosentvise endringen i det totale bidraget relativt utbetydelig for to av de fire livsløpssystemene og ligger godt under 5 %. For de to resterende livsløpssystemene får man et økt bidrag til effektkategorien POCP som ligger over 5 %. Det største utslaget finner man for livsløpssystemet for brenselceller, der endringen tilsvarer en økning på over 1000 %.

Tabell 6.4: Tabellen angir endring i effektkategorien POCP for de fire ulike livsløpssystemene om man inkluderer produksjon av bil i livsløpssystemene.

POCP				
Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	220,0	223,42	3,45	1,57
Diesel	36,00	39,45	3,45	9,59
Hybrid	98,10	101,55	3,46	3,52
Brenselcelle	0,326	3,78	3,457	1061,70

Figur 6.7 viser en grafisk fremstilling av påvirkningen av å inkludere produksjon av bil i livsløpssystemet for effektkategorien POCP. Resultatene fra denne delen vil bli nærmere kommentert i kapittel 7.2.1.



Figur 6.7: Figuren viser det totale bidraget for de fire ulike systemene, både med og uten produksjon av bil., for effektkategorien POCP.

Energibruk:

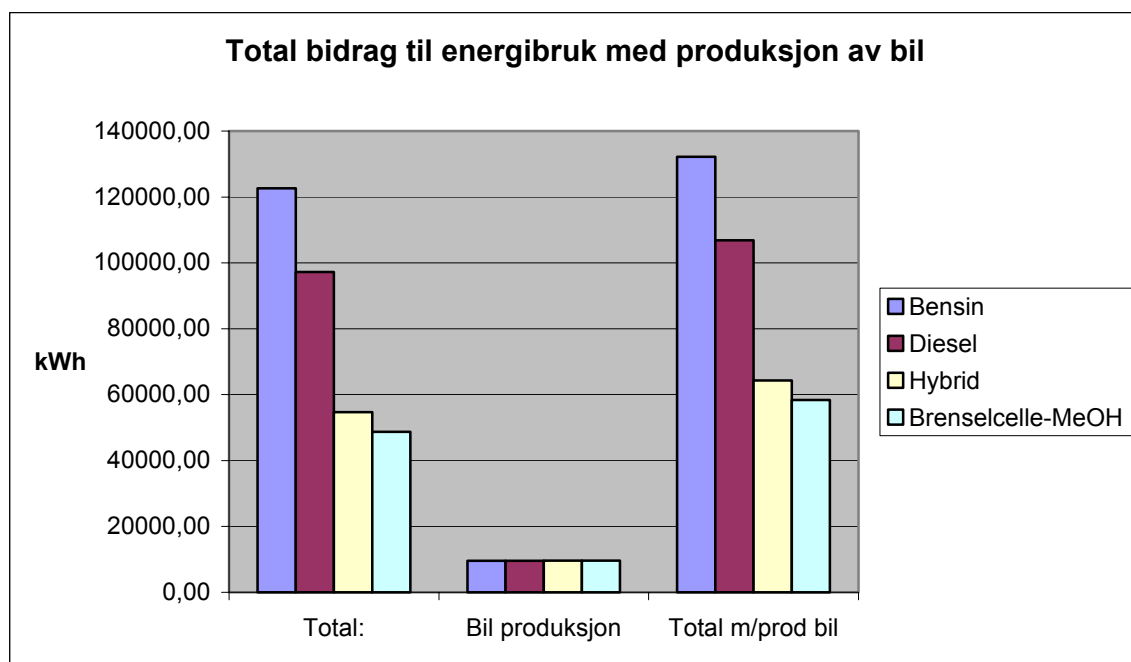
Tabell 6.5 viser endringer i bidrag til effektkategorien energibruk fra de ulike livsløpssystemene ved å inkludere data for produksjon av bil. Som man ser er den prosentvise endringen i det totale bidraget godt over 5 % for alle de fire livsløpssystemene. Det største utslaget finner man for livsløpssystemet for brenselceller, der endringen tilsvarer en økning på ca 20 %.

Tabell 6.5: Tabellen angir endring i effektkategorien energibruk for de fire ulike livsløpssystemene om man inkluderer produksjon av bil i livsløpssystemene.

Energibruk				
Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	122625,83	132209,13	9583,30	7,82
Diesel	97225,85	106836,95	9611,10	9,89
Hybrid	54683,38	64329,98	9646,60	17,64
Brenselcelle	48736,11	58382,71	9646,60	19,79

Figur 6.8 viser en grafisk fremstilling av påvirkningen av å inkludere produksjon av bil i livsløpssystemet for effektkategorien energibruk.

Resultatene fra denne delen vil bli nærmere kommentert i kapittel 7.2.1.



Figur 6.8: Figuren viser det totale bidraget for de fire ulike systemene, både med og uten produksjon av bil., for effektkategorien energibruk.

6.3.2 Følsomhetsanalyse: Svinn av drivstoff i transportfasene

De resultatene som er presentert i kapittel 6.2 er basert på den antagelsen at det ikke forekommer svinn i systemet. I virkeligheten er ikke dette tilfellet da en kan forvente et visst svinn ved enhver overføring av produkt mellom produksjonsanlegg og forbruker. Denne antagelsen ble likevel gjort, fordi det er vanskelig å fa tak i data for svinn ved overføringer og transport. Ved å gjøre en følsomhetsanalyse kan en teste om et slikt svinn vil ha noe særlig å si for det totale resultatet. Det ble utført to slike forsøk, en for et svinn på 5 % og en med et svinn på 10 %.

Data og beregninger for denne delen er oppgitt i bilag B 11.

Bensinsystemet:

Tabell 6.6 viser prosentvis endring i det totale bidraget til de fire ulike effektkategoriene for livsløpssystemet for en bensinbil. De totale endrede bidragene tilsvarer godt under 1 % for alle de fire effektkategoriene og er som sådan som neglisjerbare å regne. Disse resultatene vil bli kommentert nærmere i kapittel 7.2.2.

Tabell 6.6: Tabellen angir omtrentlig prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn av drivstoff under transport innen de ulike livsløpsfasene for livsløpssystemet for bensinbil.

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn				
Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Bensin	GWP	35510,14	0,39	0,77
Bensin	Forsuring	76,34	0,35	0,87
Bensin	POCP	219,98	0,39	0,75
Bensin	Energibruk	122625,83	0,24	0,48

Dieselsystemet:

Tabell 6.7 viser prosentvis endring i det totale bidraget til de fire ulike effektkategoriene for livsløpssystemet for en diesebil. De totale endrede bidragene er godt under 1 % for to av de fire effektkategoriene. Disse er som sådan som neglisjerbare å regne. For de to resterende effektkategoriene vil faktisk svinn av drivstoff i systemet ha en relativt liten effekt. Disse resultatene vil bli kommentert nærmere i kapittel 7.2.2.

Tabell 6.7: Tabellen angir omtrentlig prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn av drivstoff under transport innen de ulike livsløpsfasene livsløpssystemet for diesebil.

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn				
Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Diesel	GWP	28782,27	0,68	1,36
Diesel	Forsuring	42,36	1,24	2,65
Diesel	POCP	36,00	3,34	6,40
Diesel	Energibruk	97225,85	0,36	0,73

Hybridsystemet:

Tabell 6.8 viser prosentvis endring i det totale bidraget til de fire ulike effektkategoriene for livsløpssystemet for en hybridbil. De totale endrede bidragene ved å inkludere svinn av drivstoff til de fire ulike effektkategoriene ligger godt under 1 % for en hybridbil, og er dermed som neglisjerbare å regne. Disse resultatene vil bli kommentert nærmere i kapittel 7.2.2.

Tabell 6.8: Tabellen angir omtrentlig prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn av drivstoff under transport innen de ulike livsløpsfasene for livsløpssystemet for hybridbil.

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn				
Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Hybrid	GWP	15835,28	0,39	0,77
Hybrid	Forsuring	34,04	0,41	0,71
Hybrid	POCP	98,10	0,42	0,73
Hybrid	Energibruk	54683,38	0,24	0,48

Brenselcellesystemet:

Tabell 6.9 viser prosentvis endring i det totale bidraget til de fire ulike effektkategoriene for livsløpssystemet for en brenselcellebil. For livsløpssystemet for en brenselcellebil kan man se at dersom man inkluderer svinn av drivstoff i systemet, vil man faktisk få en endring som vil ha noe å si for sluttresultatet sammenlignet med de andre tre livsløpssystemene.

Spesielt for effektkategoriene for forsuring og fotokjemisk ozondannelse vil man få en markert endring, over 5 % i enkelte tilfeller. Disse resultatene vil bli diskutert nærmere i kapittel 7.2.2.

Tabell 6.9: Tabellen angir omtrentlig prosentmessig avvik ved 5 % og 10 % svinn av drivstoff under transport innen de ulike livsløpsfasene for livsløpssystemet for brenselcellebil.

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn				
Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Brenselcelle	GWP	10974,01	1,20	2,40
Brenselcelle	Forsuring	2,02	1,96	8,90
Brenselcelle	POCP	0,33	4,43	7,50
Brenselcelle	Energibruk	48736,11	1,37	2,74

7. Diskusjon

7.1 Resultater

Når en studerer de ulike diagrammene i kapittel 6.2 er det enkelte punkter som er åpenbare. For det første viser det seg at brenselcellesystemet viser seg å være klart gunstigere enn de tre andre livsløpssystemene, med tanke på den totale miljøbelastningen i de fire ulike effektkategoriene.

Brenselcellesystemet er klart bedre enn de andre tre systemene i alle livsløpsfaser for de ulike effektkategoriene også, med unntak av for livsløpsfasen for drivstoffproduksjon for effektkategoriene GWP og energibruk.

For det andre kan det se ut som om det er i forbruksfasen mesteparten av miljøbelastningene forbundet med drivstoffene gjør seg gjeldende for de ulike systemene, da det er forbruksfasen som i hovedsak står for mesteparten av bidragene til de ulike effektkategoriene som sett av figur 6.1 til 6.4.

Dette gjelder for alle de fire livsløpssystemene.

En tredje ting å merke seg er at selve transporten av det ferdige produktet, eller transportfasen, kan mer eller mindre neglisjeres da bidraget en får fra denne livsløpsfasen er mer eller mindre umerkbar for det endelige bidraget til de ulike effektkategoriene. Dette gjelder for alle de fire ulike livsløpssystemene.

7.1.1 Globalt oppvarmingspotensial (GWP)

Biltrafikk regnes i dag som en av de større bidragsyterne til verdens samlede CO₂-utslipp, og er som sådan en stor bidragsyter til effektkategorien GWP. Det har i de seneste årene vært stor debatt om blant annet CO₂-utslipp i forbindelse med den pågående debatten om den såkalte ”drivhuseffekten”, og Kyoto-avtalen med CO₂-reduksjoner fra alle verdens land for å unngå en global oppvarming. Dette gjør at det er spesielt interessant å se om det er noen forbedringer eller forskjeller en kan finne mellom de fire ulike systemene når det gjelder GWP.

Når man sammenligner de fire systemene ser man at brenselcellesystemet har det klart minste bidraget til GWP, til tross for at det har det største bidraget til GWP for livsløpsfasen til drivstoffproduksjon. For de andre livsløpsfasene er brenselcellesystemet helt overlegent de andre tre systemene, med klart lavest bidrag til GWP.

For produksjon av drivstoffene er likevel brenselcellesystemet dårligst med det største bidraget til GWP. Dette skyldes at metanolprosessen er meget energikrevende sammenlignet med raffineriprosessene, som brukes til å fremstille bensin og diesel. Da energibehovet ved metanolfabrikken ved Tjeldbergodden i stor del er basert på forbrenning av fossile brensler som naturgass, vil dette føre til store utslipp av CO₂. For 2002 var mer enn 88 % av energibehovet ved Tjeldbergodden tilfredstilt ved å brenne naturgass alene. Til tross for dette kommer brenselcellesystemet klart best ut i analysen av de fire ulike systemene for effektkategorien GWP.

Når det gjelder de tre resterende livsløpssystemene ligger hybridssystemet rett etter brenselcellesystemet med det nest laveste bidraget til GWP. Dette skyldes i hovedsak at det er snakk om mye mindre mengder bensin som prosesseres i hybridssystemet enn i bensinsystemet. Faktisk vil hybridssystemet prosessere under halvparten av den bensinmengden som er brukt i bensinsystemet. Dette fører til at systemet vil ha under halvparten av bidraget fra bensinsystemet, da de ellers bruker de samme dataene. Dieselsystemet er ikke overraskende det tredje beste alternativet for GWP da en dieselmotor fungerer mer effektivt og har mindre utslipp forbundet med drift enn en bensinmotor. Dieselsystemet har likevel et større bidrag til GWP enn de andre systemene for olje- og gassproduksjonsfasen. Dette skyldes at man i følge masseflytskjemaet for Mongstad trenger mer råolje for å produsere en gitt mengde diesel enn bensin. Systemet som kom klart dårligst ut i denne analysen når det gjelder GWP er referansesystemet for en bensinbil. Det er ingen overraskelse da en bensinmotor ikke har den energieffektivitet som en kan forbinde med en brenselcellebil eller hybridbil. En bensinbil regnes som å kunne utnytte ca 20 % av den energien som er i bensinen til å forflytte bilen, mens resten går tapt i form av friksjonsvarme under overføringer i motoren. Dette fører til at en vil trenge en større mengde bensin enn i for eksempel en hybridbil, der en gjenvinner noe av energien ved hjelp av en generator som lader batteriene opp igjen ved bremsing. Når en i tillegg får utslipp av diverse miljøbelastende stoffer som følge av å forbrenne bensin vil en bensinbil ikke ha en mulighet til å konkurrere miljømessig med en brenselcellebil, som ideelt sett ikke slipper ut noe annet enn vann i driftsfasen.

Konklusjoner en kan trekke ut fra disse resultatene vil være at dersom en skal prioritere en reduksjon i utslipp av drivhusgasser ved hjelp av å endre bilparken, vil biltyper som hybridbiler og brenselcellebiler være ypperlige alternativer til den tradisjonelle bensinbilen.

7.1.2 Forsuringspotensial

Et annet stort problem forbundet med bilparken vil være forsuring og sur nedbør, som følge av utslipp av stoffer som SO_2 til luft. Dette er både et regionalt og kontinentalt miljøproblem. En kan få materielle skader på bygninger og konstruksjoner som følge av en akselerert forvitningsprosess på grunn av den økte surhetsgraden, i tillegg til skader som sur nedbør bringer med seg på skoger og vann.

Når man sammenligner de fire systemene for effektkategorien forsuringspotensial kan man klart se at brenselcellesystemet kommer best ut nok engang. Sammenlignet med de andre tre systemene vil bidraget fra brenselcellesystemet til forsuring være så godt som neglisjerbart. Hovedgrunnen til dette er at metanolen som blir brukt i brenselcellen er rensset for svovel ved produksjon, i tillegg til at utslipp fra forbruksfasen er for det meste vann. Slik vil en unngå utslipp av SO_2 i stor grad. Det største bidraget til forsuring for brenselcellesystemet forekommer i drivstoffproduksjonsfasen, på grunn av stort energiforbruk og utslipp av NO_x ved forbrenning av fossilt brennstoff.

Når det gjelder de tre gjenværende systemene kommer hybridssystemet best ut igjen, av samme grunner som i kapittel 7.1.1. Det er verdt å merke seg at den eneste grunnen til at hybridssystemet har et mindre totalbidrag til forsurening enn dieselsystemet, er at dieselsystemet har et større bidrag fra olje- og gassproduksjonsfasen. Bidraget til forsurening fra forbruksfasen for hybridssystemet er faktisk høyere enn for dieselsystemet. En av grunnene til dette er at det dannes mer NO_x i forbruksfasen for hybrid- og bensinsystemet på grunn av ufullstendig forbrenning i bensinmotoren sammenlignet med en dieselmotor. Derfor vil bidraget for dieselsystemet til forsurening for forbruksfasen bli mindre enn for hybrid, til tross for at dieselsystemet har et større utslipp av SO_2 enn både bensin- og hybridssystemet i denne livsløpsfasen. Det livsløpssystemet som kom dårligst ut for effektkategorien forsureningspotensial er nok engang bensinsystemet. Bensinsystemet hadde de største bidragene til forsurening i tre av de fire livsløpsfasene, og ble kun slått av dieselsystemet for olje- og gassproduksjonsfasen. Grunner til at bensinsystemet kom dårligst ut for denne effektkategorien er igjen det faktum at en trenger en større mengde bensin for å oppnå funksjonell enhet på grunn av den dårlige energieffektiviteten forbundet med en bensinmotor og de totalt høyere utslippene av miljøskadelige gasser forbundet med drift av en ren bensinmotor sammenlignet med de andre systemene.

Konklusjoner en kan trekke ut av denne delen, er at dersom forsurening prioriteres høyt bør man anbefale en omlegging av bilparken til brenselcellebiler.

7.1.3 Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP)

Da fotokjemisk ozondannelses potensial (POCP) først og fremst er et regionalt og lokalt miljøproblem, vil det være et større problem med utslippene som skjer under selve bruksfasen. I storbyer verden over bidrar biltrafikk til dannelse av såkalt smog, som er en blanding av bakkenært ozon, partikler som svevestøv og andre flyktige organiske forbindelser. Smog kan bidra til å skape helseproblemer for lokalbefolkningen. Et godt eksempel på en slik by vil være Los Angeles som i flere år har slitt med smogproblemer på grunn av stor biltrafikk med tilhørende solstråling. Dette er en av grunnene til at myndighetene i staten California har innført lovgivning som skal "forby" bruk av bensinbiler i storbyer innen få år. Dette er også noe av motivasjonen for bilfabrikanter som i de siste årene har drevet utstrakt forskning for å produsere en lett, lavutslippsbil for bruk i storbyer. Eksempler på dette er elbiler som Think eller brenselcellebiler som Daimler-Chryslers Ncar.

For effektkategorien POCP har brenselcellesystemet ett nesten neglisjerbart bidrag sammenlignet med de andre tre systemene, og er dermed det overlegent beste systemet. Grunnene til dette er en høy energieffektivitet, og mer eller mindre ikke-eksisterende utslipp av stoffer som bidrar til effektkategorien POCP fra noen av livsløpsfasene. For de tre andre livsløpssystemene kommer dieselsystemet best ut. Dette er til tross for at det har det største bidraget fra olje- og gassproduksjonsfasen. Det lave bidraget fra forbruksfasen bidrar sterkt til at dieselsystemet er et bedre alternativ enn hybrid- og bensinsystemet med tanke på effektkategorien POCP.

Grunnen til dette er at dieselsystemet har et mye lavere utslipp av NM-VOC og CO i forbruksfasen enn de to systemene som benytter en bensindrevet forbrenningsmotor,

hybrid- og bensinsystemet. Det systemet som kommer klart verst ut er bensinsystemet, på grunn av stort utslipp av NM-VOC og CO i forbruksfasen som følge av ufullstendig forbrenning og avdamping fra motoren. Dette gjelder også for hybridsystemet, men ikke i samme grad da hybridsystemet er mer energieffektivt enn bensinsystemet ved at det får nyttegjort mer av energiinnholdet i bensinen.

Dersom en skal legge vekt på POCP ved valg av et livsløpssystem over de andre, vil brenselcellesystemet anbefales over de tre andre.

7.1.4 Energibruk

Betydningen av effektkategorien energibruk blir åpenbar om en vurderer det stadig økende energiforbruket i industrialiserte samfunn. Med tanke på ressursknapphet er det fordelaktig med best mulig utnyttelse av ressurser og energikilder, både bedrifts- og samfunnsøkonomisk.

Ved å sammenligne de fire livsløpssystemene når det gjelder effektkategorien energibruk, kommer brenselcellesystemet best ut med det minste totale bidraget. Med andre ord vil brenselcellesystemet bruke mindre energi enn de andre tre systemene på å oppfylle den funksjonelle enheten. Brenselcellesystemet har det største bidraget fra drivstoffproduksjonsfasen, men det er på grunn av de store energimengdene nødvendig for å kjøre metanolprosessen. Til tross for dette sørger høy energieffektivitet i forbruksfasen for at brenselcellesystemet blir det beste systemet for denne effektkategorien. Hybridsystemet kommer nest best ut av de fire systemene, dette på grunn av en høyere energieffektivitet i forbruksfasen enn for bensinsystemet. Systemet som kommer dårligst ut for denne effektkategorien er bensinsystemet. Dette er på grunn av lav energieffektivitet og et høyt ressursforbruk sammenlignet med de tre andre systemene

Brenselcellesystemet er det mest energieffektive, og dermed å anbefale om en skal prioritere effektkategorien energibruk.

7.1.5 Resultat fra analysen

Som man kan se fra kapittel 7.1.1 til 7.1.4 er brenselcellesystemet helt overlegent de tre andre systemene når det gjelder miljøprestasjon innen alle de fire effektkategoriene som er vurdert i analysen. Det er kun vurdert miljømessige data for de ulike systemene og ikke økonomiske eller samfunnmessige konsekvenser, så dersom man inkluderer disse i tillegg er det mulig at konklusjonen vil bli annerledes.

Det er en ganske stor omlegging å gå bort fra det eksisterende hydrokarbonbaserte infrastrukturnettverket til ett basert på brenselceller, der en ideelt baserer seg på rein hydrogengass som drivstoff. Dette var også grunnen til å velge en brenselcelle basert på metanol som drivstoff, da det vil tilsvare en mindre omlegging av den eksisterende infrastrukturen. Sådan er det et mer realistisk alternativ enn en brenselcelle basert på rein hydrogengass for dagens situasjon.

Dersom en ønsker en rask og enkel omlegging til et system med en bedre miljøprofil enn det eksisterende bensinsystemet, vil en overgangsperiode med bruk av hybridbiler være et veldig bra alternativ til brenselceller.

7.2 Følsomhetsanalyse

I kapittel 6.3 ble det gjennomført to forenklede følsomhetsanalyser.

Den første ble gjort for å undersøke antagelsen at produksjon av bil til de ulike livsløpssystemene ikke ville ha noe å si for sluttresultatet i analysen.

Den andre ble utført for å undersøke om svinn av drivstoff under transport mellom de ulike livsløpsfasene ville ha noe å si for totalresultatet i analysen.

I analysen er det ikke benyttet et formelt krav for cut-off fra systemet, slik det nevnes i kapittel 2.4.1. For følsomhetsanalysene vil likevel eventuelle bidrag som overstiger minst 5 % av det totale bidraget for et system bli regnet som viktige.

7.2.1 Produksjon av bil

I kapittel 6.3.1 blir det vurdert litt nærmere om antagelsen om at miljøbelastning forbundet med bilproduksjon ikke vil ha noe å si for sluttresultatet kan brukes.

De fire effektkategoriene blir vurdert hver for seg for hvert av de fire livsløpssystemene i tabell 6.2 til 6.5, og det totale bidraget til hver av effektkategoriene vises med og uten produksjon av bil i figur 6.5 til 6.8.

Da bidragene til de ulike effektkategoriene er mer eller mindre identiske for de fire livsløpssystemene, på grunn av at man har tatt utgangspunkt i samme basisbil med forskjellige komponenter, vil de prosentmessige konsekvensene av å inkludere produksjon av bil bli mye større for de systemene med et lavt bidrag fra analysen.

Det skal også nevnes at en ikke vil få hele miljøbelastningen forbundet med produksjon av bil med i de ulike systemene, på grunn av at miljøbelastningen vil bli fordelt over hele livet til bilene. Den funksjonelle enheten på 150 000 km utkjørt distanse tilsvarer en gjennomsnittlig levetid på 5 år for en bil i Norge, da en regner med at gjennomsnittlig utkjørt distanse for et år er ca 30 000 km. Det kan derfor diskuteres hvorvidt bilene en bruker i de fire ulike livsløpssystemene vil bli skrapet etter analysen er utført eller ikke.

Globalt oppvarmingspotensial (GWP)

Tabell 6.2 oppgir hvor stor prosentmessig bidraget fra systemelementet 'produksjon av bil' er i forhold til det totale bidraget til effektkategorien GWP for de fire ulike systemene. Dersom man inkluderer produksjon av bilen i systemet, vil dette ha en betydelig effekt på sluttresultatet for de ulike livsløpssystemene. Det prosentvise bidraget til effektkategorien GWP ligger over 5 % for alle de fire livsløpssystemene, og bør som sådan inkluderes i de totale resultatene da bidrag over 5 % regnes som viktige.

Det største utslaget finner man for brenselcellesystemet, der endringen ved å inkludere produksjon av bil tilsvarer en endring på over 25 %. Til sammenligning får hybridsystemet en endring i bidrag til GWP tilsvarende ca 17,6 %, dieselsystemet en endring på ca 9,6 % og bensinsystemet en endring på ca 7,8 %.

En kan se av figur 6.5 at bidraget til de fire ulike systemene er mer eller mindre likt i mengde, og dermed vil heller ikke det totale resultatet for GWP bli endret av at man

inkluderer produksjon av bil i beregningene. Det kan argumenteres for at dataene for produksjon av en bil burde vært inkludert i analysen på grunnlag av dette resultatet, da systemelementet produksjon av bil vil gi et betydelig bidrag til effektkategorien GWP for alle de fire livsløpssystemene.

Forsuringspotensial

Tabell 6.3 oppgir hvor stor prosentmessig bidraget fra systemelementet 'produksjon av bil' er i forhold til det totale bidraget til effektkategorien forsuring for de fire livsløpssystemene. Som man kan se av Tabell 6.2 vil det å inkludere produksjon av bil ha en betydelig effekt på sluttresultatet for denne effektkategorien. Det prosentvise bidraget en vil få for forsuringspotensial ligger over 20 % for alle de fire systemene, og for brenselcellesystemet ligger endringen på over 900 %! Endringen for hybridsystemet tilsvarer ca 51 %, for dieselsystemet ca 41 % og for bensinsystemet ca 23 %.

En kan se av figur 6.6 at bidraget til hvert av de fire systemene er mer eller mindre likt, som for GWP, slik at det sluttresultatet ikke endres som følge av å inkludere produksjon av bil i de fire systemene. Det kan argumenteres for at dataene for produksjon av en bil i aller høyeste grad burde vært inkludert i analysen på grunnlag av dette resultatet, da systemelementet produksjon av bil vil gi et stort bidrag til effektkategorien forsuring for alle de fire livsløpssystemene. Dette vil ha størst betydning for de to systemene med minst bidrag til forsuringspotensial fra før, nemlig brenselcelle- og hybridsystemet.

Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP)

Tabell 6.4 oppgir hvor stor prosentmessig bidraget fra systemelementet 'produksjon av bil' er i forhold til det totale bidraget til effektkategorien POCP for de fire ulike systemene. For to av de fire livsløpssystemene vil det ha en betydelig påvirkning om man inkluderer produksjon av bil i livsløpssystemene. Om man ser fra tabell 6.3 kan man se at prosentvis endring for effektkategorien POCP for diesel- og brenselcellesystemet ligger godt over 5 %, for brenselcellesystemet er endringen på over 1000 %!

For hybridsystemet og bensinsystemet vil ikke produksjon av bil ha så mye å si for effektkategorien POCP, da det tilsvarer en endring på ca 3,5 % for hybridsystemet og ca 1,6 % for bensinsystemet. Som for effektkategoriene GWP og forsuring vil likevel ikke totalresultatene forskyves eller endres som følge av at man inkluderer systemelementet 'produksjon av bil', da det tilføres et like stort bidrag til alle de fire systemene.

Det kan argumenteres for at man likevel burde inkludere dataene for produksjon av bil som følge av bidraget en får til effektkategorien POCP for de fire systemene, men som for forsuringspotensial vil dette ha mye mer å si for de av systemene som har et allerede lavt bidrag til POCP enn for et system som bensinsystemet. Brenselcellesystemet hadde et nesten ikke merkbart bidrag til POCP fra analysen, og når en legger til bidrag fra produksjon ser det ille ut for systemet. Det skal være sagt at det totale bidraget en da vil få for brenselcellesystemet fremdeles tilsvarer kun ca 1,7 % av det totale bidraget for bensinsystemet, som man kan se fra figur 6.7.

Energibruk

Tabell 6.5 oppgir hvor stor prosentmessig bidraget fra systemelementet 'produksjon av bil' er i forhold til det totale bidraget til effektkategorien energibruk for de fire systemene. Fra tabellen kan en se at sluttbidraget fra alle de fire systemene vil endres betydelig, der brenselcellesystemet vil endres mest med nesten 20 %. For de tre andre systemene vil endringene bli på henholdsvis ca 17,6 % for hybridsystemet, ca 9,9 % for dieselsystemet og ca 7,8 % for bensinsystemet. Som man kan se fra figur 6.8 vil bidraget til effektkategorien energibruk bli mer eller mindre det samme, slik at sluttresultatet vil fremdeles ikke endres om man inkluderer produksjon av bil i systemene. Det totale bidraget til effektkategorien blir høyere, men det vil ikke endre posisjonen til eller skape ytterligere forskjeller mellom de fire systemene.

Resultat av følsomhetsanalysen:

Det endelige sluttresultatet vil ikke bli endret om man inkluderer produksjon av bil, da bidragene til de fire systemene er ca like store for alle de fire effektkategoriene. Dette medfører at den totale miljøbelastningen øker like mye for alle de fire systemene i de ulike effektkategoriene, slik at forskjeller i miljøbelastning innbyrdes mellom de fire systemene ikke endres.

Dersom man ikke inkluderer systemelementet 'produksjon av bil' i de fire systemene vil man likevel ikke gjøre en stor feil, da mesteparten av miljøbelastningene til de ulike effektkategoriene forekommer i forbruksfasen. For et system som brenselcellesystemet, med lave bidrag til de ulike effektkategoriene, vil det likevel være feil å ikke inkludere produksjon av bil, da miljøbelastninger forbundet med dette vil være større enn for resten av livsløpssystemet. Den feil som er gjort ved å ikke inkludere produksjon av bil i noen av systemene er likevel den samme i alle de fire systemene, slik at man kan si det er en systematisk feilkilde da den ikke endrer sluttresultatene for livsløpssystemene og analysen. Dette bekrefter antagelsen som ble fremsatt av Graedel & Allenby (1995) som sier at selve produksjonen av bilen ikke vil ha så mye å si for den totale miljøbelastningen sammenlignet med selve forbruksfasen, og kan som sådan neglisjeres.

Et annet poeng som bør nevnes her er antagelsen om at bilene som er brukt i systemene er mer eller mindre like. Dette er som kjent ikke tilfelle, da forskjeller i vekt og størrelse i realiteten vil endre den miljøpåvirkning som produksjon av bil vil tilføre hvert enkelt system. Grunnen til at denne antagelsen ble gjort, er at det var tilgjengelig data for en mer generisk bil med utbyttbar "innmat" fra Röder (2001) som kunne brukes i analysen.

Dette vil i realiteten innebære en feil i miljøbelastningen i systemene og var et argument mot å inkludere produksjon av bil i systemene fordi en da ikke ville være i stand til å få til et realistisk bilde av den miljøbelastningen forbundet med systemene.

Dette vil uansett ikke endre det faktum at mesteparten av miljøbelastningen forbundet med livsløpssystemet for en bil er fra forbruksfasen, som fremsatt av Graedel & Allenby (1995), slik at dette ikke vil påvirke sluttresultatet fra analysen.

7.2.2 Svinn av drivstoff

Fra tabell 6.6 til 6.9 kan en se resultatene fra følsomhetsanalysen, som ble utført med tanke på henholdsvis 5 % og 10 % svinn av drivstoff under transport til forbruksfasen for de ulike livsløpssystemene.

De fire livsløpssystemene ble undersøkt for hver av de fire effektkategoriene, og endringer som tilsvarer over 5 % av totalbidraget regnes som betydelige i analysen. Dette vil ikke endre utslipp fra selve forbruksfasen, så en kan si at følsomhetsanalysen kan gi et bilde av hvor de større utslippene før forbruksfasen kommer fra. Med dette menes det at dersom den prosentmessige økningen er stor kan det tyde på at akkurat denne effektkategorien er knyttet til livsløpsfasene før bruksfasen.

Bensinsystemet

Som en kan se av tabell 6.6 vil svinn av drivstoff ikke ha noe å si for det totale resultatet innenfor noen av de fire effektkategoriene for bensinsystemet, da de prosentvise bidragene ligger under 1 % for alle effektkategoriene. Hovedgrunnen til at svinn under transport har lite å si for bensinsystemet, er at mesteparten av miljøbelastningen kommer fra forbruksfasen. Forskjellen i utslippsmengder for forbruksfasen og de andre livsløpsfasene er såpass stor, at det vil ha lite å si om en må prosessere 5 % eller 10 % mer drivstoff i systemet.

Dieselsystemet

Fra tabell 6.7 kan en se at svinn av drivstoff ikke vil ha noe å si for sluttresultatet for tre av de fire effektkategoriene, da bidraget for disse ligger under 1 %. Når man ser nærmere på effektkategorien POCP, vil svinn av drivstoff faktisk gi et merkbart bidrag til sluttresultatet om man antar et svinn av drivstoff på 10 % i systemet. Dette skyldes i hovedsak at en stor del av bidraget til POCP for dieselsystemet ligger utenom forbruksfasen. Dette gjelder spesielt for livsløpsfasen for olje- og gassproduksjon, der dieselsystemet har de største bidragene til alle de fire effektkategoriene, som vil føre til et økt bidrag for dieselsystemet ved svinn av drivstoff.

Hybridsystemet

Som en kan se ut i fra tabell 6.8 vil svinn av drivstoff ikke ha noe å si for det totale resultatet i noen av de fire effektkategoriene, da de ulike bidragene holder seg under 1 % for alle de fire effektkategoriene. Grunnen til dette er som for bensinsystemet at mesteparten av miljøbelastningen for en hybridbil vil komme fra forbruksfasen. Forskjellen i utslippsmengder vil da føre til at miljøbelastningen en får fra å prosessere 5 % eller 10 % mer drivstoff i systemet ikke vil ha noe å si for sluttresultatet.

Brenselcellesystemet

Fra tabell 6.9 kan en se at svinn av drivstoff ikke vil ha noe å si for to av de fire effektkategoriene for brenselcellesystemet, da bidraget til GWP og energibruk ligger godt under 5 % for sluttresultatet ved både 5 % og 10 % svinn i systemet. For forsuring og POCP vil bidraget fra svinn av drivstoff faktisk ha en merkbar effekt, med et bidrag over 5 % for 10 % svinn i systemet. Grunnen til dette er at brenselcellesystemet har nesten ikke-eksisterende bidrag til disse effektkategoriene fra forbruksfasen, slik at en økning i mengde drivstoff å prosessere vil ha en betydelig effekt på sluttbidraget for forsuring og POCP.

Resultat av følsomhetsanalysen

Analysen bekrefter antagelsen som er gjort om at forbruksfasen har mest innvirkning på det totale bidraget til miljøbelastninger forbundet med utslipp av miljøskadelige forbindelser for de fire systemene. For systemer som brenselcellesystemet vil svinn av metanol i systemet føre til at en vil få et merkbart bidrag til effektkategorier som forsuring og POCP på grunn av det lave bidraget fra forbruksfasen. For de andre tre systemene vil svinn av drivstoff hovedsaklig ikke ha noen stor effekt på sluttresultatene, da mesteparten av miljøbelastningene i disse systemene finner sted i forbruksfasen. Dermed kan det generelt sies at det er ingen stor feilkilde å anta at svinn av drivstoff har neglisjerbar effekt for de fire livsløpssystemene.

7.3 Systemavgrensning

I kartleggingsdelen ble det nevnt kort at det var ønskelig å kutte vekk aktiviteter som ville ha liten eller ingen betydning for resultatet. Dette sammen med det noe begrensede datamaterialet som har vært tilgjengelig har ført til en rimelig avgrensning av systemene. Den eneste delen som avviker fra resten er olje- og gassproduksjonen, da den inkluderer en del aktiviteter som ikke ville blitt inkludert hadde det ikke vært for at de allerede var inkludert i de tilgjengelige dataene. De aktivitetene det er snakk om er blant annet bygging av anlegg og utbygging av infrastruktur, og disse er blitt utelukket i de andre livsløpsfasene som vist i figur 4.6 til 4.8. Dette kan selvfølgelig virke litt rart da det som regel er helt nødvendig å ha en infrastruktur tilgjengelig for å kunne oppfylle den funksjonelle enheten i de ulike livsløpssystemene, og er det ikke da rett og rimelig å inkludere miljøbelastningene assosiert med bygging eller produksjon av disse? Svaret er faktisk nei, da den funksjonelle enheten en vanligvis undersøker gjelder kun for en bitteliten del av et anlegg sin levetid, og en vil da spre miljøbelastningene forbundet med produksjon av enten anlegg eller bil som nevnt i kapittel 4.4.2. På denne måten vil bidraget fra slike prosesser som regel være så små at de kan anses som neglisjerbare i forhold til funksjonell enhet, slik at det vil være helt korrekt å kutte dem fra systemet en skal studere.

Et annet eksempel på dette vil være produksjonen av bilen som brukes i de ulike systemene, og det ble vist i kapittel 7.2.1 at det ikke vil være feil å la være å inkludere dette elementet fra de ulike systemene, da det er en systematisk feil. Dette betyr at

sluttresultatet ikke påvirkes, selv om bidragene en har brukt i beregningene er lavere enn de egentlig skulle vært.

Systemavgrensningen vil ellers være veldig avhengig av troverdige datakilder for å vurdere hva en kan inkludere i systemet eller ikke, men om man har mangelfulle datakilder kan det lønne seg å prøve å forenkle systemet mest mulig for å unngå store feil. I analysen vil ikke produksjonen av infrastruktur eller plattform for olje- og gassproduksjonen ha noe særlig å si, da dette kun er en liten del av denne livsløpsfasen som er dokumentert hos Bakkane (1994). I tillegg har denne livsløpsfasen mindre å si for det totale resultatet enn selve forbruksfasen slik at en liten feil her ville ikke innvirket på resultatet i samme grad som om det hadde vært feil ved data fra forbruksfasen.

7.4 Usikkerhet i datamateriell

Usikkerhet i tallmateriale vil for analysen ha mest å si for de delene av de to livsløpene som har størst innvirkning på resultatene som forbruksfasen og olje- og gassproduksjonsfasen.

Når det gjelder den første livsløpsfasen, olje- og gassproduksjonsdelen, er datamaterialet hentet fra Bakkane (1994), Fakta 2000 og Fakta 2002 (Olje- og Energidepartementet) og disse regnes som sikre. Det eneste en kan utsette på dataene fra Bakkane (1994), er at de er basert på en fremskriving av produksjon fra 1994 til 2000, og i tillegg er de basert på et gjennomsnitt fra hele oljesektoren og ikke tall for selve Heidrun-plattformen.

Dette bidrar til en liten grad av usikkerhet, men i denne analysen er det regnet med at en slik eventuell feil vil ha lite å si for det totale resultatet.

Når det gjelder forbruksfasen regnes datamaterialet som sikkert da det er basert på Bang et al. (1999) og Röder (2001) og tar utgangspunkt i en gjennomsnittlig bensin, diesel og brenselcelle personbil for livsløpssystemene. Data for en hybridbil er basert på dataark for en Honda Insight, da dette var det beste tilgjengelige hybridbilalternativet når analysen ble gjennomført og regnes som sikker. Det kan diskuteres om det er riktig å bruke en gjennomsnittsbil ved en slik analyse, men da data på dette var lett tilgjengelig og veldokumentert var det ingen betenkeligheter med å benytte seg av dette. Det går frem av dataene at gjennomsnittsbilene som er brukt i analysen er regnet som et snitt av 50 % by- og 50 % landeveiskjøring.

For de andre livsløpsfasene gjelder det en antagelse om at det er liten usikkerhet i datamaterialet. For Transportfasen er det benyttet data fra Bang et.al (1999) og en ruteplanlegger fra det norske veivesen (www.visveg.no), så denne fasen regnes dermed som sikker. Tall for en tankbil var ikke tilgjengelig under analysen, så det er antatt at tankbilen går som 'tung gods' med diesel som drivstoff i rapporten fra Bang et.al (1999). Dersom dette skulle vise seg å være feilaktig, har det likevel vist seg at livsløpsfasen for transport har liten eller ingen innvirkning på det totale resultatet.

Når det gjelder produksjonsfasen for de fire livsløpssystemene, regnes tall for Mongstad og Tjeldbergodden som sikre da de er hentet fra SFT (www.sft.no) og er tall Statoil er forpliktet til å oppgi. Disse livsløpsfasene vil likevel ikke ha så mye å si for sluttresultatet i de fire livsløpssystemene sammenlignet med forbruksfasen i systemene. Dette fører til at en feil i dataene for forbruksfasen vil ha mer å si enn en feil i de andre livsløpsfasene.

7.5 Forslag til videre arbeid

I analysen er det kun tatt hensyn til miljømessige belastninger for de fire ulike livsløpssystemene. Det kunne vært interessant å se nærmere på bedriftsøkonomiske, samfunnsøkonomiske eller helsemessige konsekvenser ved en eventuell omlegging til systemer som brenselceller eller hybridbiler for persontransport i Norge.

I analysen er det kun tatt hensyn til persontransport for transportsektoren. Det kunne vært interessant å se nærmere på hvilke miljømessige konsekvenser det ville hatt å endre den eksisterende infrastrukturen på denne måten for andre deler av transportsektoren, som tungtransport.

Det kunne også vært interessant å se effekten av å inkludere teknologiutvikling og et tidsaspekt i analysen, for å kunne si noe om trender for bilparken inn i fremtiden basert på miljømessige prestasjoner for de ulike systemene.

Konklusjon

Sammenligningen av de fire ulike livsløpssystemene har vist at en overgang til andre fremdriftssystemer for persontransport vil ha en positiv effekt for de miljøbelastningene forbundet med biltrafikk. En kan oppnå en betydelig miljøgevinst for biltrafikk ved å gå over til, eller gå inn for en omlegging til systemer som brenselcelle- eller hybridbiler. Dette gjelder spesielt for brenselcellebiler, der en overgang til et slikt system mer eller mindre ville ha fjernet det bidraget personbiltrafikken står for til lokale og regionale miljøproblemer som forsurening/sur nedbør eller dannelsen av bakkenært ozon. Systemet for brenselcellebil basert på metanol var overlegent de andre tre livsløpssystemene i analysen, og anbefales som det beste alternativet av de fire livsløpssystemene for persontransport. Om man inkluderer produksjon av bil i de fire systemene vil fremdeles systemet for brenselcellebil være overlegent de andre tre systemene i alle de fire effektkategoriene som er inkludert i analysen.

Referansesystemet, bestående av bensinsystemet, kom verst ut i analysen i alle de kategoriene som ble undersøkt. Det vil dermed være en miljøgevinst å hente ved å legge om til et av de andre systemene som er undersøkt i analysen.

Forbruksfasen har mest å si for resultatene uavhengig av hvilket system eller type miljøbelastning en undersøker.

I analysen er ikke de ulike effektkategoriene blitt vektet mot hverandre. Prioriteringer forbundet med dette er høyst subjektive vurderinger, og som sådan vil være utenfor fokus for oppgaven. Denne problemstillingen har ikke bydd på noen problemer i analysen, da det ikke har vært noen tvil om hvilket av de fire systemene som vil være det beste miljømessige alternativet for personbiltrafikk.

Om en vil komme de tradisjonelle og mest synlige problemene assosiert med biltrafikk til livs, som smogdannelse og forsuringproblemer, vil brenselcellesystemet være et meget godt alternativ til dagens bensinsystem.

Referanser

- Allenby, B.R., Graedel, T.E., *Industrial Ecology*. New Jersey, Prentice Hall, 1995.
- Aylward, G., Findley, T., *SI Chemical Data*. Sidney, John Wiley & Sons, 3 ed., 1994
- Ayres, R.C., *Life Cycle Analysis: A Critique*, Journal of Resources, Conservation & Recycling, v4 (1995) 199-223
- Bakkane, K.K., *Life Cycle Data for Norwegian Oil and Gas Production*. Tapir Publishers, 1994.
- Bang, J., Flugsrud, K., Holtskog, S., Haakonsen, G., Larsen, S., Maldum, K. O., Rypdal, K., Skedsmo, A., *Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. Statens forurensningstilsyn (SFT), 1999.
- Christiansen, K., Ekvall, T., Finnveden, G., Hanssen, Hoffmann, L., O.J., Juntilla, V., Lindfors, L.G., Rønning, A., Virtanen, Y., *Nordic Guidelines to Life Cycle Assessment*. The Nordic Council, 1995.
- Fakta 2000 – Norsk petroleumsvirksomhet*, Olje- og energidepartementet, 2000.
- Fakta 2002 – Norsk petroleumsvirksomhet*, Olje- og energidepartementet, 2002.
- Førde, J. S., Hanssen, O.J., Rønning, A., *Livsløpsvurdering av drivstoffprodukter*, Stiftelsen Østfoldforskning, Rapport 49 – 1993.
- Hanssen, O.J., Wigum, K.S., *Status for livssyklusvurderinger og miljøriktig produktutvikling i Norge og Norden*, Stiftelsen Østfoldforskning, Rapport 38 – 1998.
- ISO 14040, *Miljøstyring. Livsløpsvurdering. Prinsipper og rammeverk*. Norges Standardiseringsforbund, 1997.
- Moulijn, J.A., Makkee, M., van Diepen, A., *Chemical Process Technology*. Chichester, John Wiley & Sons, 2001.
- Plotkin, S., Santini, A., Vyas, A., Anderson, J., Wang, M., He, J., Bharathan, D., *Hybrid Electric Vehicle Technology Assessment: Methodology, Analytical Issues and Interim Results*, Center for transportation research, Energy systems division - Argonne National Laboratory, 2001
- Röder, A., *Life-Cycle Inventory and Costs of Different Car Powertrains*, Paul Scherrer Institut - Switzerland, 2001
- Smith, R.L., Smith T.M., *Elements og Ecology*. California, The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1998.

Society of Environmental Toxicology and Chemistry, *Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice*. Workshop Sesimbra, Portugal, 1993.

Wang, M.Q, Huang, H.S, *A full Fuel-Cycle Analysis of Energy and Emissions Impacts of Transportation Fuels Produced from Natural Gas*, Center for transportation research, Energy systems division - Argonne national laboratory, USA, 1999

Nettsider:

<http://www.statoil.com>

<http://www.visveg.no>

<http://www.sft.no>

<http://www.ssb.no>

<http://www.pre.nl>

<http://imartinez.etsin.upm.es/dat1/eCombus.htm>

<http://www.odin.dep.no/oed>

<http://www.bellona.no>

<http://www.insightcentral.net/>

<http://www.iso.ch>

<http://www.hondacars.com>

<http://www.toi.no/>

<http://www.afdc.nrel.gov/afvehicles.html#AFV>

<http://auto.howstuffworks.com/>

<http://www.fuelcells.org/>

<http://www.ott.doe.gov/hev/>

Databaser:

Simapro 5.0, 2001

Veileder Fredrik Steineke, Samtaler 2002, NTNU

Vedlegg

Bilag B 1: Sluttresultat for de fire systemene

Bilag B 2: Sluttresultat for de fire systemene med produksjon av bil

Bilag B 3: Utslipp ved produksjon av bil, for alle livsløpssystemene

Bilag B 4.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for raffinert bensin

Bilag B 4.2: Heidrun-plattformen - Bensinsystemet

Bilag B 4.3: Mongstad - Bensinsystemet

Bilag B 4.4: Transportfase - Bensinsystemet

Bilag B 4.5: Forbruksfase - Bensinsystemet

Bilag B 5.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for raffinert diesel

Bilag B 5.2: Heidrun-plattformen – Dieselsystemet

Bilag B 5.3: Mongstad - Dieselsystemet

Bilag B 5.4: Transportfase - Dieselsystemet

Bilag B 5.5: Forbruksfase - Dieselsystemet

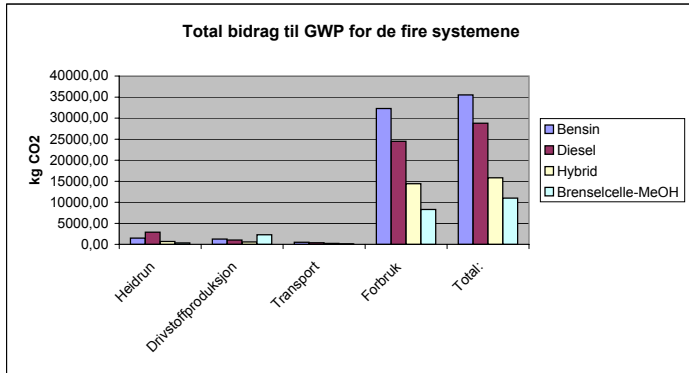
Bilag B 6: Utslippsfaktorer - Bensinbil/Dieselbil

- Bilag B 7.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for Hybridsystemet
- Bilag B 7.2: Heidrun-plattformen - Hybridsystemet
- Bilag B 7.3: Mongstad - Hybridsystemet
- Bilag B 7.4: Transportfase – Hybridsystemet
- Bilag B 7.5: Forbruksfase – Hybridsystemet
- Bilag B 8.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for Brenselcellesystemet
- Bilag B 8.2: Heidrun-plattformen - Brenselcellesystemet
- Bilag B 8.3: Tjeldbergodden - Brenselcellesystemet
- Bilag B 8.4: Transportfase - Brenselcellesystemet
- Bilag B 8.5: Forbruksfase - Brenselcellesystemet
- Bilag B 9: Karakteriseringsfaktorer for effektkategorier
- Bilag B 10: Følsomhetsanalyse - Bilproduksjon
- Bilag B 11.1: Følsomhetsanalyse – Svinn - Bensin
- Bilag B 11.2: Følsomhetsanalyse – Svinn - Diesel
- Bilag B 11.3: Følsomhetsanalyse – Svinn - Hybrid
- Bilag B 11.4: Følsomhetsanalyse – Svinn - Brenselcelle

Bilag B1 - Sluttresultat for de fire systemene

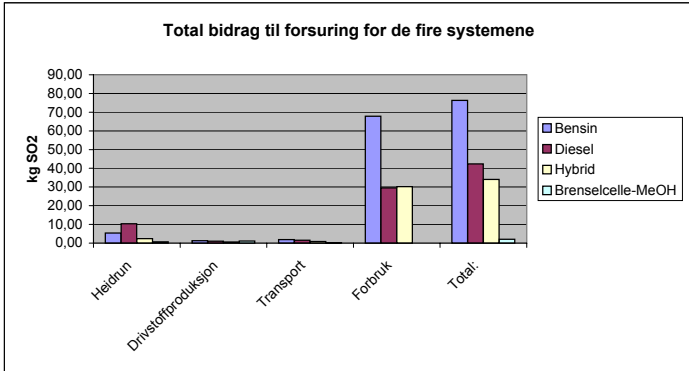
Total bidrag til GWP for de fire systemene

Bensin		Diesel	
Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]	Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	1500,37	Heidrun	2885,33
Drivstoffproduksjon	1246,36	Drivstoffproduksjon	1038,63
Transport	475,91	Transport	378,31
Forbruk	32287,50	Forbruk	24480,00
Total:	35510,14	Total:	28782,27
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]	Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	669,07	Heidrun	344,51
Drivstoffproduksjon	555,80	Drivstoffproduksjon	2290,61
Transport	212,23	Transport	61,66
Forbruk	14398,19	Forbruk	8277,23
Total:	15835,28	Total:	10974,01

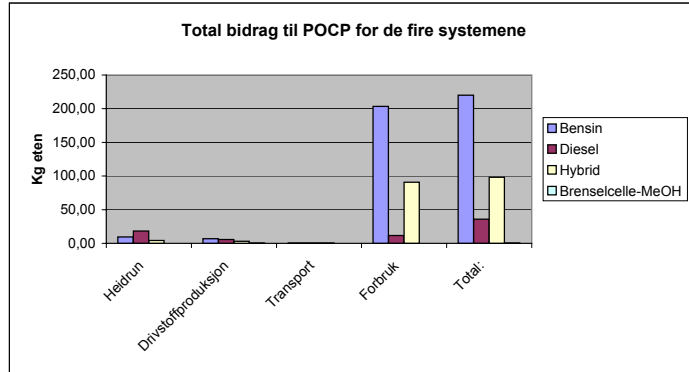


Total bidrag til forsurening for de fire systemene

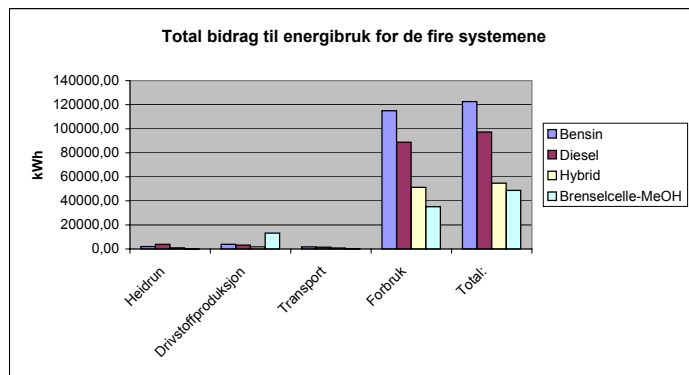
Bensin		Diesel	
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]
Heidrun	5,36	Heidrun	10,32
Drivstoffproduksjon	1,27	Drivstoffproduksjon	1,06
Transport	1,90	Transport	1,51
Forbruk	67,80	Forbruk	29,48
Total:	76,34	Total:	42,36
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]
Heidrun	2,39	Heidrun	0,68
Drivstoffproduksjon	0,57	Drivstoffproduksjon	1,08
Transport	0,85	Transport	0,25
Forbruk	30,23	Forbruk	0,01
Total:	34,04	Total:	2,02



Total bidrag til POCP for de fire systemene			
Bensin		Diesel	
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]
Heidrun	9,52	Heidrun	18,32
Drivstoffproduksjon	6,82	Drivstoffproduksjon	5,68
Transport	0,31	Transport	0,25
Forbruk	203,33	Forbruk	11,76
Total:	219,98	Total:	36,00
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]
Heidrun	4,25	Heidrun	0,09
Drivstoffproduksjon	3,04	Drivstoffproduksjon	0,14
Transport	0,14	Transport	0,04
Forbruk	90,67	Forbruk	0,06
Total:	98,10	Total:	0,33



Total bidrag til energibruk for de fire systemene			
Bensin		Diesel	
Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]	Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]
Heidrun	2031,99	Heidrun	3907,67
Drivstoffproduksjon	3814,23	Drivstoffproduksjon	3178,53
Transport	1779,61	Transport	1414,65
Forbruk	115000,00	Forbruk	88725,00
Total:	122625,83	Total:	97225,85
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]	Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]
Heidrun	906,14	Heidrun	181,73
Drivstoffproduksjon	1700,91	Drivstoffproduksjon	13180,21
Transport	793,59	Transport	230,57
Forbruk	51282,74	Forbruk	35143,59
Total:	54683,38	Total:	48736,11

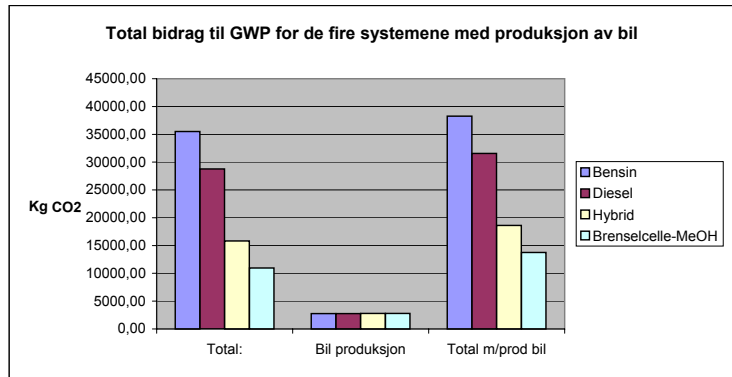


Bilag B2: Sluttresultat for de fire systemene med bil produksjon

Total bidrag til GWP for de fire systemene

Bensin		Diesel	
Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]	Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	1500,37	Heidrun	2885,33
Drivstoffproduksjon	1246,36	Drivstoffproduksjon	1038,63
Transport	475,91	Transport	378,31
Forbruk	32287,50	Forbruk	24480,00
Total:	35510,14	Total:	28782,27
Bil produksjon	2769,30	Bil produksjon	2775,50
Total m/prod bil	38279,44	Total m/prod bil	31557,77

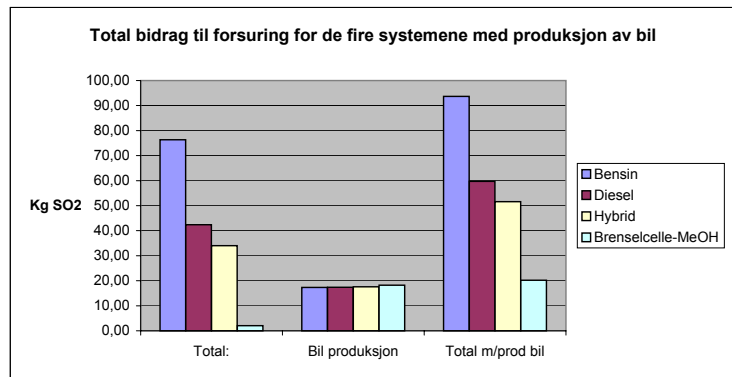
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]	Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	669,07	Heidrun	344,51
Drivstoffproduksjon	555,80	Drivstoffproduksjon	2290,61
Transport	212,23	Transport	61,66
Forbruk	14398,19	Forbruk	8277,23
Total:	15835,28	Total:	10974,01
Bil produksjon	2784,64	Bil produksjon	2780,81
Total m/prod bil	18619,92	Total m/prod bil	13754,81



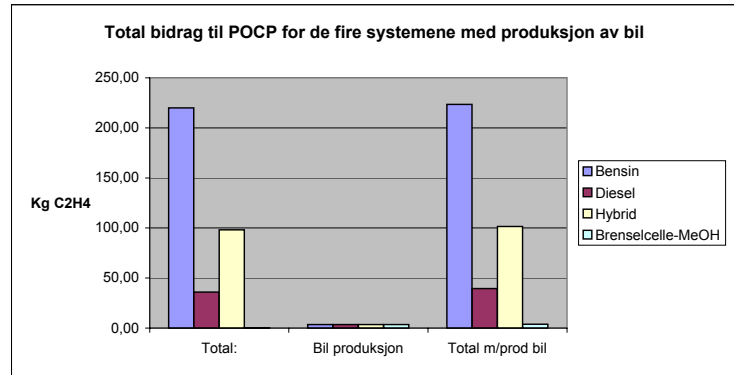
Total bidrag til forsurening for de fire systemene

Bensin		Diesel	
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]
Heidrun	5,36	Heidrun	10,32
Drivstoffproduksjon	1,27	Drivstoffproduksjon	1,06
Transport	1,90	Transport	1,51
Forbruk	67,80	Forbruk	29,48
Total:	76,34	Total:	42,36
Bil produksjon	17,34	Bil produksjon	17,38
Total m/prod bil	93,68	Total m/prod bil	59,75

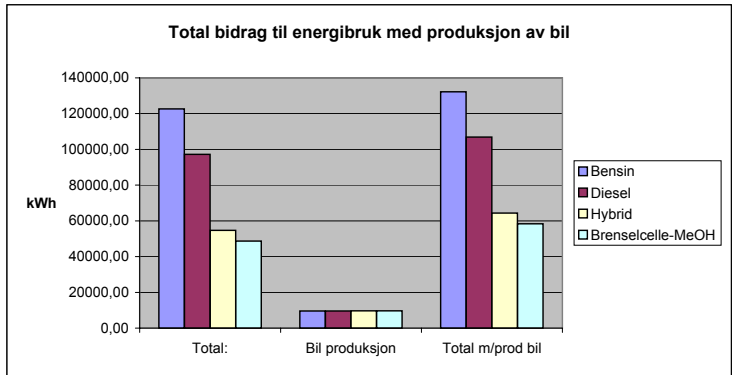
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]
Heidrun	2,39	Heidrun	0,68
Drivstoffproduksjon	0,57	Drivstoffproduksjon	1,08
Transport	0,85	Transport	0,25
Forbruk	30,23	Forbruk	0,01
Total:	34,04	Total:	2,02
Bil produksjon	17,57	Bil produksjon	18,21
Total m/prod bil	51,61	Total m/prod bil	20,23



Total bidrag til POCP for de fire systemene			
Bensin		Diesel	
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]
Heidrun	9.52	Heidrun	18.32
Drivstoffproduksjon	6.82	Drivstoffproduksjon	5.68
Transport	0.31	Transport	0.25
Forbruk	203.33	Forbruk	11.76
Total:	219.98	Total:	36.00
Bil produksjon	3.45	Bil produksjon	3.45
Total m/prod bil	223.42	Total m/prod bil	39.45
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]
Heidrun	4.25	Heidrun	0.09
Drivstoffproduksjon	3.04	Drivstoffproduksjon	0.14
Transport	0.14	Transport	0.04
Forbruk	90.67	Forbruk	0.06
Total:	98.10	Total:	0.33
Bil produksjon	3.46	Bil produksjon	3.46
Total m/prod bil	101.55	Total m/prod bil	3.78



Total bidrag til energibruk for de fire systemene			
Bensin		Diesel	
Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]	Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]
Heidrun	2031.99	Heidrun	3907.67
Drivstoffproduksjon	3814.23	Drivstoffproduksjon	3178.53
Transport	1779.61	Transport	1414.65
Forbruk	115000.00	Forbruk	88725.00
Total:	122625.83	Total:	97225.85
Bil produksjon	9583.30	Bil produksjon	9611.10
Total m/prod bil	132209.13	Total m/prod bil	106836.95
Hybrid		Brenselcelle-MeOH	
Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]	Livsløpsfase:	Energibruk [kWh]
Heidrun	906.14	Heidrun	181.73
Drivstoffproduksjon	1700.91	Drivstoffproduksjon	13180.21
Transport	793.59	Transport	230.57
Forbruk	51282.74	Forbruk	35143.59
Total:	54683.38	Total:	48736.11
Bil produksjon	9646.60	Bil produksjon	9646.60
Total m/prod bil	64329.98	Total m/prod bil	58382.71



Bilag B3: Produksjon av bil

Produksjon av karosseri for de ulike bilene:

For en funksjonell enhet tilsvarende 150.000 km utkjørt distanse

De ulike alternativene forventes å benytte samme type karosseri slik at dette er en felles faktor for de ulike livsløpssystemene.

Data er hentet fra Röder (2001) og inkluderer forsterking av karosseri og vedlikehold i løpet av livsløpet.

		Production Carbody	Reinforcement	Maintenance Car body	Total for Carbody
GWP direct	kg C02-eq	2,41E+03	3,09E+00	7,96E-03	2,41E+03
GWP indirect	kg C02-eq	3,36E+02	2,96E-01	8,26E-04	3,36E+02
Total GW P	kg C02-eq	2,75E+03	3,38E+00	8,79E-03	2,75E+03
ODP	kg R11-eq	6,11E-03	1,19E-06	1,71E-08	6,11E-03
POCP	kg C2H4-eq	3,44E+00	9,38E-04	1,40E-05	3,44E+00
Total NOx	kg	5,58E+00	4,54E-03	1,27E-05	5,58E+00
AP	kg S02-eq	1,72E+01	1,35E-02	3,02E-05	1,72E+01
EP Air	kg P04-aq	7,29E-01	5,95E-04	1,66E-06	7,30E-01
EP (Water f)	kg P04-aq	8,58E-02	1,52E-04	2,94E-07	8,60E-02
EP (Water s)	kg P04-aq	7,62E-03	3,16E-06	5,30E-08	7,62E-03
Total EP Water	kg P04-aq	9,34E-02	1,55E-04	3,47E-07	9,36E-02
Non-Renewable Energy	TJ	3,43E-02	4,27E-05	1,43E-07	3,43E-02
Total PM	kg	4,83E+00	1,00E-02	3,87E-06	4,84E+00
(Copper in Ore	kg	2,83E+01	2,94E-04	4,84E-06	2,83E+01

ICE-biler (Bensin, Diesel og hybrid)

For ICE-systemene er det en del enheter som inngår men også en del forskjeller mellom de ulike alternativene

Fra produksjon av motoren (enten SI eller CI) til vedlikehold og girkasse

Data er hentet fra Röder (2001) og i forhold til funksjonell enhet om mulig.

I tillegg til disse dataene kommer tall for produksjon og vedlikehold av karosseri.

		Production SI engine	Maintenance SI engine	Manual gearbox	Fuelstorage tank	Total SI-engine	Total SI with Carbody
GWP direct	kg C02-eq	1,12E+01	3,95E-06	3,07E+00	3,04E-07	1,43E+01	2,43E+03
GWP indirect	kg C02-eq	1,01E+00	1,11E-06	2,76E-01	5,29E-02	1,34E+00	3,38E+02
Total GW P	kg C02-eq	1,22E+01	5,06E-06	3,35E+00	3,57E-01	1,59E+01	2,77E+03
ODP	kg R11-eq	6,53E-06	2,99E-11	1,65E-06	8,63E-07	9,04E-06	6,12E-03
POCP	kg C2H4-eq	4,90E-03	1,64E-08	1,11E-03	1,81E-03	7,82E-03	3,45E+00
Total NOx	kg	1,92E-02	1,67E-08	4,59E-03	6,23E-04	2,44E-02	5,61E+00
AP	kg S02-eq	1,13E-01	3,04E-08	1,45E-02	2,16E-03	1,30E-01	1,73E+01
EP Air	kg P04-aq	2,51E-03	2,17E-09	6,02E-04	8,12E-05	3,19E-03	7,33E-01
EP (Water f)	kg P04-aq	3,56E-04	2,69E-10	1,28E-04	1,14E-05	4,95E-04	8,64E-02
EP (Water s)	kg P04-aq	1,80E-05	1,02E-10	4,49E-06	4,09E-06	2,66E-05	7,65E-03
Total EP Water	kg P04-aq	3,74E-04	3,71E-10	1,33E-04	1,54E-05	5,22E-04	9,41E-02
Non-Renewable Energy	TJ	1,43E-04	5,78E-11	4,02E-05	5,09E-06	1,88E-04	3,45E-02
Total PM	kg	2,34E-02	2,51E-09	8,52E-03	1,57E-04	3,21E-02	4,87E+00
(Copper in Ore	kg	1,66E-03	4,22E-10	3,69E-04	2,44E-05	2,05E-03	2,83E+01

		Production CI engine	Maintenance CI engine	Manual gearbox	Fuelstorage tank	Total CI-engine	Total CI with Carbody
GWP direct	kg C02-eq	1,69E+01	3,95E-06	3,07E+00	3,04E-07	2,00E+01	2,43E+03
GWP indirect	kg C02-eq	1,52E+00	1,11E-06	2,76E-01	5,29E-02	1,85E+00	3,38E+02
Total GW P	kg C02-eq	1,84E+01	5,06E-06	3,35E+00	3,57E-01	2,21E+01	2,78E+03
ODP	kg R11-eq	9,86E-06	2,99E-11	1,65E-06	8,63E-07	1,24E-05	6,12E-03
POCP	kg C2H4-eq	7,39E-03	1,64E-08	1,11E-03	1,81E-03	1,03E-02	3,45E+00
Total NOx	kg	2,89E-02	1,67E-08	4,59E-03	6,23E-04	3,41E-02	5,62E+00
AP	kg S02-eq	1,53E-01	3,04E-08	1,45E-02	2,16E-03	1,70E-01	1,74E+01
EP Air	kg P04-aq	3,78E-03	2,17E-09	6,02E-04	8,12E-05	4,46E-03	7,34E-01
EP (Water f)	kg P04-aq	5,40E-04	2,69E-10	1,28E-04	1,14E-05	6,79E-04	8,66E-02
EP (Water s)	kg P04-aq	2,72E-05	1,02E-10	4,49E-06	4,09E-06	3,58E-05	7,66E-03
Total EP Water	kg P04-aq	5,67E-04	3,71E-10	1,33E-04	1,54E-05	7,15E-04	9,43E-02
Non-Renewable Energy	TJ	2,17E-04	5,78E-11	4,02E-05	5,09E-06	2,62E-04	3,46E-02
Total PM	kg	3,56E-02	2,51E-09	8,52E-03	1,57E-04	4,43E-02	4,88E+00
(Copper in Ore	kg	2,49E-03	4,22E-10	3,69E-04	2,44E-05	2,88E-03	2,83E+01

FC-biler (Fuelcell-kjøretøy, gjelder MeOH-FC)

De mest sentrale delene, som ikke er felles med ICE-kjøretøyene er tatt med her. Data er hentet fra Røder (2001) og i forhold til funksjonell enhet om mulig. I tillegg til disse dataene kommer tall for produksjon og vedlikehold av karosseri.

		MeOH-reformer	Electric Motor	Transmission for Electric motor	Power Electronics	Supercaps	Fuelstorage tank	Total FC-MeOH	Total FC-MeOH with Carbody
GWP direct	kg C02-eq	5,88E+00	3,44E+00	1,39E+00	9,27E+00	4,83E+00	3,04E-07	2,48E+01	2,44E+03
GWP indirect	kg C02-eq	6,30E-01	2,89E-01	1,15E-01	8,33E-01	3,85E-01	5,29E-02	2,30E+00	3,39E+02
Total GW P	kg C02-eq	6,51E+00	3,73E+00	1,51E+00	1,01E+01	5,21E+00	3,57E-01	2,74E+01	2,78E+03
ODP	kg R11-eq	1,88E-06	1,75E-06	7,83E-07	7,49E-06	1,63E-05	8,63E-07	2,91E-05	6,14E-03
POCP	kg C2H4-eq	1,59E-03	1,15E-03	4,94E-04	6,62E-03	4,15E-03	1,81E-03	1,58E-02	3,46E+00
Total NOx	kg	1,16E-02	5,10E-03	2,09E-03	1,73E-02	7,46E-03	6,23E-04	4,42E-02	5,63E+00
AP	kg S02-eq	7,40E-01	2,48E-02	6,92E-03	1,97E-01	2,83E-02	2,16E-03	9,99E-01	1,82E+01
EP Air	kg P04-aq	1,52E-03	6,68E-04	2,74E-04	2,26E-03	9,75E-04	8,12E-05	5,78E-03	7,35E-01
EP (Water f)	kg P04-aq	3,44E-04	1,25E-04	4,79E-05	2,59E-04	1,05E-04	1,14E-05	8,92E-04	8,68E-02
EP (Water s)	kg P04-aq	5,00E-06	4,66E-06	2,06E-06	2,24E-05	1,36E-05	4,09E-06	5,18E-05	7,68E-03
Total EP Water	kg P04-aq	3,49E-04	1,30E-04	5,00E-05	2,81E-04	1,19E-04	1,54E-05	9,44E-04	9,45E-02
Non-Renewable Energy	TJ	8,21E-05	4,76E-05	1,96E-05	1,42E-04	7,17E-05	5,09E-06	3,68E-04	3,47E-02
Total PM	kg	1,66E-02	7,94E-03	3,19E-03	1,02E-02	1,12E-02	1,57E-04	4,93E-02	4,89E+00
(Copper in Ore	kg	5,82E-02	7,20E-02	2,01E-04	4,01E-01	7,30E-04	2,44E-05	5,32E-01	2,88E+01

Hybridbiler (ICE-SI+Batteri/Elektrisk)

		Production SI engine	Maintenance SI engine	Manual gearbox	Fuelstorage tank	Total SI-engine	Electric Motor	Transmission for Electric motor	Power Electronics	Total Electrical	Total Hybrid	Total Hybrid with Carbody
GWP direct	kg C02-eq	1,12E+01	3,95E-06	3,07E+00	3,04E-07	1,43E+01	3,44E+00	1,39E+00	9,27E+00	1,41E+01	2,84E+01	#VERDI!!
GWP indirect	kg C02-eq	1,01E+00	1,11E-06	2,76E-01	5,29E-02	1,34E+00	2,89E-01	1,15E-01	8,33E-01	1,24E+00	2,58E+00	2,42E+03
Total GW P	kg C02-eq	1,22E+01	5,06E-06	3,35E+00	3,57E-01	1,59E+01	3,73E+00	1,51E+00	1,01E+01	1,53E+01	3,12E+01	3,68E+02
ODP	kg R11-eq	6,53E-06	2,99E-11	1,65E-06	8,63E-07	9,04E-06	1,75E-06	7,83E-07	7,49E-06	1,00E-05	1,91E-05	2,75E+03
POCP	kg C2H4-eq	4,90E-03	1,64E-08	1,11E-03	1,81E-03	7,82E-03	1,15E-03	4,94E-04	6,62E-03	8,26E-03	1,61E-02	2,22E-02
Total NOx	kg	1,92E-02	1,67E-08	4,59E-03	6,23E-04	2,44E-02	5,10E-03	2,09E-03	1,73E-02	2,45E-02	4,89E-02	3,49E+00
AP	kg S02-eq	1,13E-01	3,04E-08	1,45E-02	2,16E-03	1,30E-01	2,48E-02	6,92E-03	1,97E-01	2,29E-01	3,58E-01	5,94E+00
EP Air	kg P04-aq	2,51E-03	2,17E-09	6,02E-04	8,12E-05	3,19E-03	6,68E-04	2,74E-04	2,26E-03	3,20E-03	6,40E-03	1,72E+01
EP (Water f)	kg P04-aq	3,56E-04	2,69E-10	1,28E-04	1,14E-05	4,95E-04	1,25E-04	4,79E-05	2,59E-04	4,32E-04	9,27E-04	7,31E-01
EP (Water s)	kg P04-aq	1,80E-05	1,02E-10	4,49E-06	4,09E-06	2,66E-05	4,66E-06	2,06E-06	2,24E-05	2,91E-05	5,57E-05	8,60E-02
Total EP Water	kg P04-aq	3,74E-04	3,71E-10	1,33E-04	1,54E-05	5,22E-04	1,30E-04	5,00E-05	2,81E-04	4,61E-04	9,83E-04	8,61E-03
Non-Renewable Energy	TJ	1,43E-04	5,78E-11	4,02E-05	5,09E-06	1,88E-04	4,76E-05	1,96E-05	1,42E-04	2,09E-04	3,97E-04	9,40E-02
Total PM	kg	2,34E-02	2,51E-09	8,52E-03	1,57E-04	3,21E-02	7,94E-03	3,19E-03	1,02E-02	2,13E-02	5,34E-02	8,77E-02
(Copper in Ore	kg	1,66E-03	4,22E-10	3,69E-04	2,44E-05	2,05E-03	7,20E-02	2,01E-04	4,01E-01	4,73E-01	4,75E-01	5,32E+00

Bilag B 4.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for raffinert Bensin

Livsløp for raffinert Bensin

Globalt oppvarmings potensial, for forskjellige tidshorisonter*

Komponent:	20-års, GWP	100-års, GWP	500-års, GWP
CO2	1	1	1
CH4	62	24,5	7,5
N2O	290	320	180

Total bidrag til GWP fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	1433,8	1433,8	1433,8
CH4	2,1	131,5	52,0
N2O	0,05	13,2	14,6
Total:		1578,5	1500,4

Total bidrag til GWP fra Mongstad for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	1228	1228	1227,8
CH4	0,76	46,9	18,5
Total:		1274,7	1246,4

Total bidrag til GWP fra transportfase for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	473,6	473,6	473,6
CH4	0,02	1,4	0,5
N2O	0,006	1,6	1,8
Total:		476,6	475,9

Total bidrag til GWP fra forbruksfasen for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	30000	30000	30000
CH4	15	930	367,5
N2O	6	1740	1920
Total:		32670	32287,5

Total bidrag til GWP for raffinert Bensin

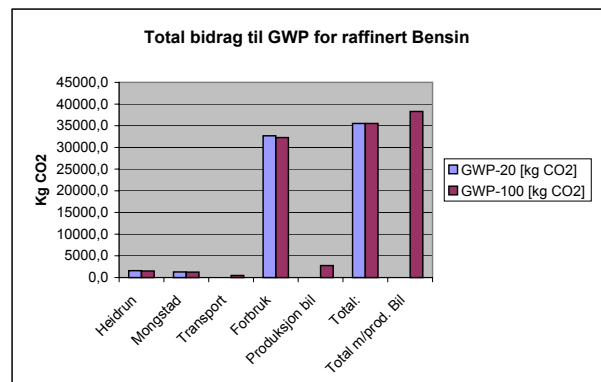
Livsløpsfase	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]	Total m/prod. Bil
Heidrun	1578,5	1500,4	
Mongstad	1274,7	1246,4	
Transport	0,0	475,9	
Forbruk	32670,0	32287,5	
Produksjon bil		2769,3	
Total:	35523,3	35510,1	38279,4

Forsuringspotensial, to scenarier (min&max)*

Komponent:	Min, gSO2/g	Max, gSO2/g	Snitt, gSO2/g
SO2	1	1	1
HCl	0,88	0,88	0,88
NOx	0	0,7	0,35
NH3	0	1,88	0,94

Total bidrag til forsurening fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,4	0,4
NOx	14,1	4,9
Total:		5,4



Total bidrag til forsurening fra Mongstad for funksjonell enhet		
Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,8	0,8
NOx	1,4	0,5
Total:		1,3

Total bidrag til forsurening fra transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,18	0,18
NOx	4,9	1,7
Total:		1,9

Total bidrag til forsurening fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	Forsuring [kg SO2]
SO2	1,5	1,5
NOx	168	58,8
NH3	7,5	7,5
Total:		67,8

Total bidrag til forsurening for raffinert Bensin		
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	
Heidrun	5,4	
Mongstad	1,3	
Transport	1,9	
Forbruk	67,8	
Produksjon bil	17,3	
Total:	76,3	Total m/prod. Bil 93,7

Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP), som Etenekvivalenter*		
Komponent:	POCP	
CO	0,036	
CH4	0,007	
NM-VOC	0,416	

Total bidrag til POCP fra Heidrun for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	2,5	0,1
CH4	2,1	0,01
NM-VOC	22,6	9,4
Total:		9,5

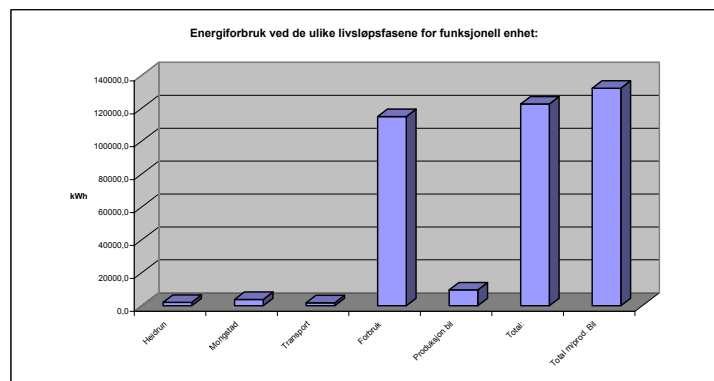
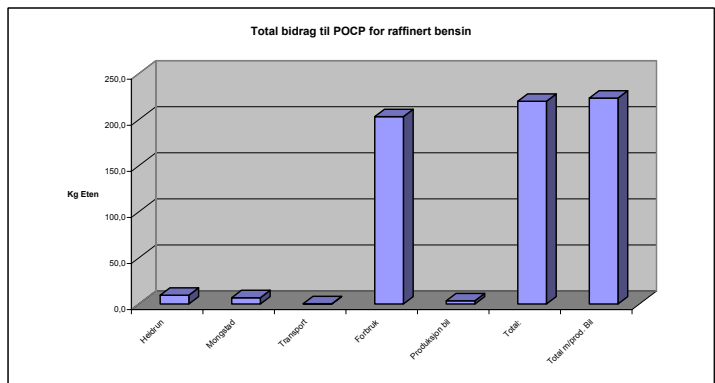
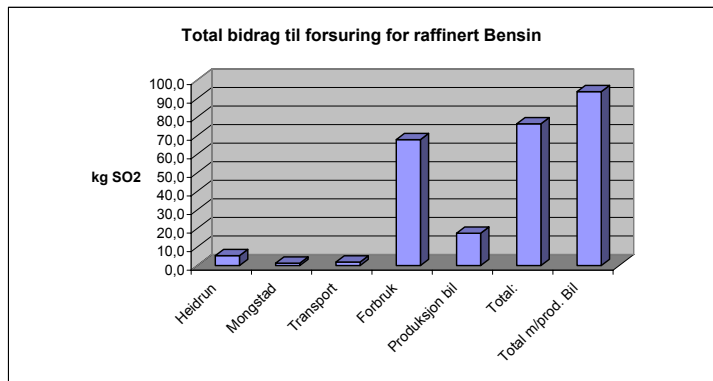
Total bidrag til POCP fra Mongstad for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CH4	0,8	0,03
NM-VOC	16,3	6,8
Total:		6,8

Total bidrag til POCP fra Transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	2,1	0,08
CH4	0,02	2E-04
NM-VOC	0,6	0,2
Total:		0,3

Total bidrag til POCP fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	2265	81,54
CH4	15	0,105
NM-VOC	292,5	121,68
Total:		203,325

Total bidrag til POCP for raffinert bensin		
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	
Heidrun	9,5	
Mongstad	6,8	
Transport	0,3	
Forbruk	203,3	
Produksjon bil	3,4	
Total:	220,0	Total m/prod. Bil 223,4

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:	
Livsløpsfase:	kWh
Heidrun	2032,0
Mongstad	3814,2
Transport	1779,6
Forbruk	115000,0
Produksjon bil	9583,3
Total:	122625,8
Total m/prod. Bil	132209,1



Bilag B 4.2: Heidrun - Bensin

Forventet produksjon (2000)				
komponent	Mengde [Sm ³ el. tonn]:	Omregning til toe	Råolje ut for å oppfylle funksjonell enhet [tonn]:	
Olje:	1,03E+07	1,030E+07	24,7	
Gass:	8,80E+08	7,392E+05	Allokeringsfaktor for funksjonell enhet	
			2,394E-06	

Utslippsdata fra råoljeproduksjon				
komponent:	pr million toe (snitt for oljevirkosomhet) [tonn]	For Heidrun [tonn]	For funksjonell enhet [tonn]	For funksjonell enhet [kg]
CO2	58139	598831,7	1,434E+00	1,434E+03
CO	103	1060,9	2,540E-03	2,540E+00
NOx	570	5871	1,406E-02	1,406E+01
N2O	1,85	19,055	4,562E-05	4,562E-02
CH4	86	885,8	2,121E-03	2,121E+00
NMVOG	918	9455,4	2,264E-02	2,264E+01
SO2	18	185,4	4,439E-04	4,439E-01
Halon	0	0	0,000E+00	0,000E+00

Energiforbruk ved Heidrun år 2000:					
	Olje [tonn eller Sm ³], total pr mill. Toe	For Heidrun [tonn el. Sm ³]	For funksjonell enhet [tonn el. Sm ³]	Regnet om til MJ	Regnet om til kWh
Brenngass	14	1,442E+02	0,000345264	0,012270687	0,003411251
Jet fuel	142	1462,6	3,502E-03	1,611E+02	44,78312322
Diesel	6804	70081,2	1,678E-01	7,148E+03	1987,202416
					Total olje [kWh]:
					2031,98895

Samsvar mellom enheter i petroleumsvirkosomhet:					
enhet:	MJ	kWh	toe	Sm ³ gass	fat råolje
MJ	1	0,278		2,36E-05	0,0281
kWh	3,6	1		8,50E-05	9,27E-02
toe	42300	11788	1	1190	7,49
Sm ³ gass	35,54	9,87		8,40E-04	1
fat råolje	5650	1569		0,134	159

Brennverdier		
Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Gass	35,54	9,87
Jetfuel	46	12,78
Diesel	42,6	11,83

Bilag B 4.3: Mongstad Bensin

	Millioner tonn/år
Råolje inn:	8,3
Total inn:	10,45
Diesel ut:	1,3
Bensin ut:	3
Total ut:	10,35
Allokeringskonstant (ut):	Allokeringskonstant (inn):
0,2899	0,7943
Funksjonell enhet	
150.000 km	

Data for Bensin:	
Tetthet [kg/dm ³]	0,745
energi pr. volum [MJ/kg]	46
antall kWh pr MJ [kWh/MJ]	0,278

Bensin for å oppfylle funksjonell enhet [l]	Råolje inn for å oppfylle funksjonell enhet, bensin [tonn]:
12080,5	24,7

Allokeringsenhet i forhold til funksjonell enhet:	
Antall liter bensin produsert:	4026845638
Allokeringskonstant:	3,00E-06

Utslipp forbundet med drift av Mongstad raffineri (luft)

Komponent:	Total utslipp [tonn]	Bensinproduksjon [tonn]:	Funksjonell enhet [tonn]	Funksjonell enhet [kg]
CH4	870	252	0,00076	0,7565
HCN	0,772	0,224	0,00000	0,0007
CO2	1,41E+06	409275	1,22783	1227,8261
H2S	0,266	0,077	0,00000	0,0002
PM(>2,5)	44,81	12,988	0,00004	0,0390
NM-VOC	18770	5441	0,01632	16,3217
NOx	1654	479,4	0,00144	1,4383
SO2	884	256,2	0,00077	0,7687

Energiforbruk ved Mongstad år 2000:			
	tonn	Sm ³	MJ
Gass:	255540	343006711,4	15778308725
			kWh
			4386369826
			For funksjonell enhet:
			3814,2

Bilag B 4.4: Transport med tankbil fra Mongstad til bensinstasjon i Elgesetergt

Distanse en vei* [km]:	691,8	Total distanse tilbakelagt [km]:	1383,6
Bensin til funksjonell enhet [l]:	12080,5	Andel av lasten ved transport:	0,403
Bensin til funksjonell enhet [kg]:	9000		
Last funksjonell enhet [kg]:	9000		
Max last** [kg]:	22350		
Antall turer for 100% transport***	2		

Data for Bensin*	
Tetthet [kg/dm ³]	0,745

* Er basert på veiplanlegger fra Norsk veivesen

** Er basert på en max kapasitet på 30 m³ pr tankbil

*** Er basert på antagelsen at en bil kjører tom tilbake etter leveranse, og dermed får levert 50% på en tur en vei

Utslipp forbundet med bruk av tankbiltransport:

Bensin:

Komponent:	Biltype:		Mongstad*:	
	Personbil:	Tung gods:	Utslipp Total [*]:	Funksjonell enhet [kg]:
CO2 [kg/km]	0,16	0,85	1176,1	473,6
CH4 [g/km]	0	0,04	55,3	0,022
N2O [g/km]	0,01	0,01	13,8	0,0056
SO2 [g/km]	0,06	0,32	442,8	0,178
NOx [g/km]	0,39	8,84	12231,0	4,93
NH3 [g/km]	0	0	0,0	0,0
NM-VOC [g/km]	0,14	1	1383,6	0,56
CO [g/km]	0,56	3,83	5299,2	2,13
Pb [mg/km]	0,01	0,03	41,5	0,000017
PM10 [g/km]	0,17	0,66	913,2	0,37
PM2,5 [g/km]	0,16	0,62	857,8	0,3
PAH [mg/km]	0,02	0,13	179,9	0,000072
Benzen [g/km]	0	0,02	27,7	0,0111

* Utslipp for CO2 oppgis i kg, Pb og PAH oppgis i mg og resten oppgis i g

Energibruk for Transportfasen:

Brennverdier

Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Diesel	42,6	11,8

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	kg diesel	kWh	Funksjonell enhet:
Diesel (Mongstad)	373,6	4419,4	1779,6
Diesel	Drivstoff [kg/km]		
Tung gods	0,27		

Bilag B 4.5: Bensin forbruksfase

Funksjonell enhet [km]:	Drivstoffforbruk for bensinmotor [snitt l/km]	Data for Bensin*	
150000	0,0805	Tetthet [kg/dm ³]	0,745

Antall liter for å oppfylle funksjonell enhet [l]:	Bensin	Drivstoff [kg/km]
12080,5	Personbil	0,06

Komponent:	Utslipp pr km [kg]:	Utslipp i forhold til funksjonell enhet [kg]:
CO ₂	0,2	30000
CH ₄	0,1	15
N ₂ O	0,04	6
SO ₂	0,01	1,5
NO _x	1,12	168
NH ₃	0,05	7,5
NM _{VOC}	1,95	292,5
CO	15,1	2265
Pb	0,09	0,0135
PM(10)	0,02	3
PM(2,5)	0,02	3
PAH	0,01	0,0015
Benzen	0,07	10,5

Brennverdier

Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Bensin	46	12,78

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	liter Bensin	kWh
Bensin	12080,5	115000,00

Bilag B 5.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for raffinert Diesel

Livsløp for raffinert diesel

Globalt oppvarmings potensial, for forskjellige tidshorisonter*

Komponent:	20-års, GWP	100-års, GWP	500-års, GWP
CO2	1	1	1
CH4	62	24,5	7,5
N2O	290	320	180

Total bidrag til GWP fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	2757,3	2757,3	2757,3
CH4	4,1	252,9	99,9
N2O	0,09	25,4	28,1
Total:		3035,6	2885,3

Total bidrag til GWP fra Mongstad for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	1023	1023	1023,2
CH4	0,63	39,1	15,4
Total:		1062,3	1038,6

Total bidrag til GWP fra transportfase for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	376,5	376,5	376,5
CH4	0,02	1,1	0,4
N2O	0,004	1,3	1,4
Total:		378,8	378,3

Total bidrag til GWP fra forbruksfasen for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	24000	24000	24000
CH4	0	0	0
N2O	1,5	435	480
Total:		24435	24480

Total bidrag til GWP for raffinert diesel

Livsløpsfase	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	3035,6	2885,3
Mongstad	1062,3	1038,6
Transport	378,8	378,3
Forbruk	24435,0	24480
Produksjon bil		2,78E+03
Total:	28911,8	28782,3
Total m/prod bil		31557,8

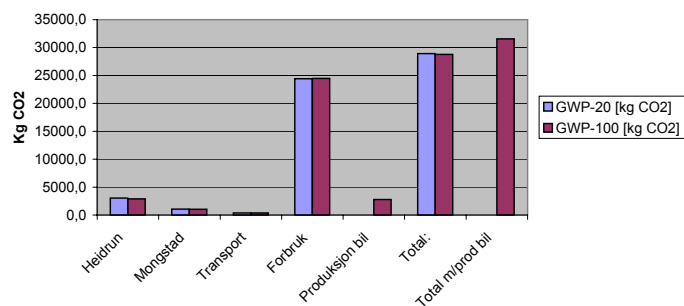
Forsuringspotensial, to scenarier (min&max)*

Komponent:	Min, gSO2/g	Max, gSO2/g	Snitt, gSO2/g
SO2	1	1	1
HCl	0,88	0,88	0,88
NOx	0	0,7	0,35
NH3	0	1,88	0,94

Total bidrag til forsurening fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,9	0,9
NOx	27,0	9,5
Total:		10,3

Total bidrag til GWP for raffinert Diesel



Total bidrag til forsurening fra Mongstad for funksjonell enhet		
Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,6	0,6
NOx	1,2	0,4
Total:		1,1

Total bidrag til forsurening fra transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,14	0,14
NOx	3,9	1,4
Total:		1,5

Total bidrag til forsurening fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	Forsuring [kg SO2]
SO2	9	9
NOx	58,5	20,5
NH3	0	0
Total:		29,5

Total bidrag til forsurening for raffinert diesel		
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	
Heidrun	10,3	
Mongstad	1,1	
Transport	1,5	
Forbruk	29,5	
Produksjon bil	17,4	
Total:	42,4	Total m/prod bil 59,7

Fotokjemisk ozondannelsepotensial (POCP), som Etenekvivalenter*		
Komponent:	POCP	
CO	0,036	
CH4	0,007	
NM-VOC	0,416	

Total bidrag til POCP fra Heidrun for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	4,9	0,2
CH4	4,1	0,03
NM-VOC	43,5	18,1
Total:		18,3

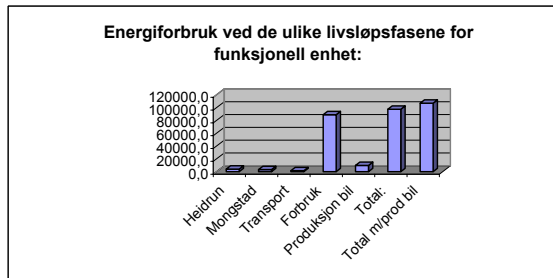
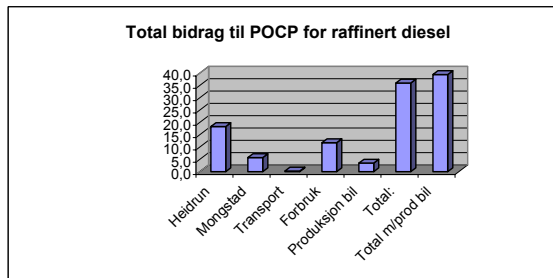
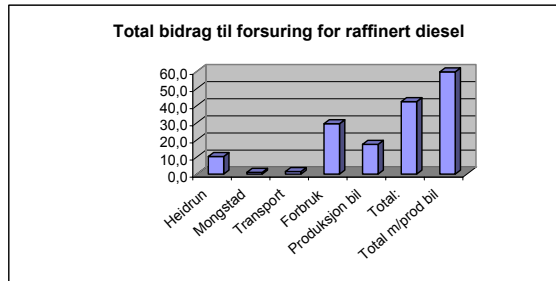
Total bidrag til POCP fra Mongstad for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CH4	0,6	0,02
NM-VOC	13,6	5,7
Total:		5,7

Total bidrag til POCP fra Transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	1,7	0,06
CH4	0,02	1E-04
NM-VOC	0,4	0,2
Total:		0,2

Total bidrag til POCP fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	84	3,024
CH4	0	0
NM-VOC	21	8,736
Total:		11,76

Total bidrag til POCP for raffinert diesel		
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	
Heidrun	18,3	
Mongstad	5,7	
Transport	0,2	
Forbruk	11,8	
Produksjon bil	3,5	
Total:	36,0	Total m/prod bil 39,5

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:		
Livsløpsfase:	kWh	
Heidrun	3907,7	
Mongstad	3178,5	
Transport	1414,6	
Forbruk	88725,0	
Produksjon bil	9611,1	
Total:	97225,8	
Total m/prod bil	106836,9	



Bilag B 5.2: Heidrun - Diesel

Forventet produksjon (2000)			
Komponent	Mengde [Sm ³ el. tonn]	Omregning til toe	Råolje ut for å oppfylle funksjonell enhet [tonn]:
Olje:	1,03E+07	1,030E+07	47,4
Gass:	8,80E+08	7,392E+05	
			Allokeringsfaktor for funksjonell enhet
			4,605E-06

Utslippsdata fra råoljeproduksjon				
Komponent:	pr milion toe (snitt for oljevirksomhet) [tonn]	For Heidrun [tonn]	For funksjonell enhet [tonn]	For funksjonell enhet [kg]
CO2	58139	598831,7	2,757E+00	2,757E+03
CO	103	1060,9	4,885E-03	4,885E+00
NOx	570	5871	2,703E-02	2,703E+01
N2O	1,85	19,055	8,774E-05	8,774E-02
CH4	86	885,8	4,079E-03	4,079E+00
NMVOOC	918	9455,4	4,354E-02	4,354E+01
SO2	18	185,4	8,537E-04	8,537E-01
Halor	0	0	0,000E+00	0,000E+00

Energiforbruk ved Heidrun år 2000:					
	Olje [tonn eller Sm ³], total pr mill. Toe	For Heidrun [tonn el. Sm ³]	For funksjonell enhet [tonn el. Sm ³]	Regnet om til MJ	Regnet om til kWh
Brenngass	14	1,442E+02	0,000663969	0,023597474	0,006560098
Jet fuel	142	1462,6	6,735E-03	3,098E+02	86,12139081
Diesel	6804	70081,2	3,227E-01	1,375E+04	3821,543107
					Total olje [kWh]:
					3907,671058

Brennverdier		
Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Gass	35,54	9,87
Jetfuel	46	12,78
Diesel	42,6	11,83

Samsvar mellom enheter i petroleumsvirksomhet:						
enhet:	MJ	kWh	toe	Sm ³ gass	fat råolje	
MJ	1	0,278	2,36E-05	0,0281	1,76E-04	
kWh	3,6	1	8,50E-05	9,27E-02	6,35E-04	
toe	42300	11788	1	1190	7,49	
Sm ³ gass	35,54	9,87	8,40E-04	1	6,29E-03	
fat råolje	5650	1569	0,134	159	1	

Bilag B 5.3: Mongstad Diesel

	Millioner tonn/år		Data for Diesel [fra FT-rapport]:	
Råolje inn:	8,3		Tetthet [kg/dm ³]	0,781
Total inn:	10,45		Komponenter:	C15-C24
Diesel ut:	1,3		kokepktintervall [°C]	260-345
Bensin ut:	3			
Total ut:	10,35			
Allokeringskonstant (ut):	Allokeringskonstant (inn):		Data for Bensin:	
0,1256	0,7943		Tetthet [kg/dm ³]	0,745
Funksjonell enhet			energi pr. volum [MJ/kg]	46
150.000 km			antall kWh pr MJ [kWh/MJ]	0,278
Diesel for å oppfylle funksjonell enhet [l]		Råolje inn for å oppfylle funksjonell enhet, diesel [tonn]:		
9603,1		47,4		

Allokeringsenhet i forhold til funksjonell enhet:	
Antall liter diesel produsert:	1664532650
Allokeringskonstant:	5,77E-06

Utslipp forbundet med drift av Mongstad raffineri (luft)

Komponent:	Total utslipp [tonn]	Dieselproduksjon [tonn]:	Funksjonell enhet [tonn]	Funksjonell enhet [kg]
CH4	870	109	0,00063	0,6304
HCN	0,772	0,097	0,00000	0,0006
CO2	1,41E+06	177353	1,02319	1023,1884
H2S	0,266	0,033	0,00000	0,0002
PM(>2,5)	44,81	5,628	0,00003	0,0325
NM-VOC	18770	2358	0,01360	13,6014
NOx	1654	207,7	0,00120	1,1986
SO2	884	111,0	0,00064	0,6406

Energiforbruk ved Mongstad år 2000:				
	tonn	Sm ³	MJ	kWh
Gass:	255540	343006711,4	15778308725	4386369826
			For funksjonell enhet:	3178,5

Bilag B 5.4: Transport med tankbil fra Mongstad til bensinstasjon i Elgesetertg

Distanse en vei* [km]:	691,8	Total distanse tilbakelagt [km]:	1383,6
Diesel til funksjonell enhet [l]:	9603,1	Andel av lasten ved transport:	0,320
Diesel til funksjonell enhet [kg]:	7500		
Last funksjonell enhet [kg]:	7500		
Max last** [kg]:	23430		
Antall turer for 100% transport***	2		

* Er basert på veiplanlegger fra Norsk veivesen

** Er basert på en max kapasitet på 30 m³ pr tankbil

*** Er basert på antagelsen at en bil kjører tom tilbake etter leveranse, og dermed får levert 50% på en tur en vei

Utslipp forbundet med bruk av tankbiltransport:

Diesel:

Komponent:	Biltype:		Mongstad*:	
	Personbil:	Tung gods:	Utslipp Total [*]:	Funksjonell enhet [kg]:
CO2 [kg/km]	0,16	0,85	1176,1	376,5
CH4 [g/km]	0	0,04	55,3	0,018
N2O [g/km]	0,01	0,01	13,8	0,0044
SO2 [g/km]	0,06	0,32	442,8	0,142
NOx [g/km]	0,39	8,84	12231,0	3,92
NH3 [g/km]	0	0	0,0	0,0
NM-VOC [g/km]	0,14	1	1383,6	0,44
CO [g/km]	0,56	3,83	5299,2	1,70
Pb [mg/km]	0,01	0,03	41,5	0,000013
PM10 [g/km]	0,17	0,66	913,2	0,29
PM2,5 [g/km]	0,16	0,62	857,8	0,3
PAH [mg/km]	0,02	0,13	179,9	0,000058
Benzen [g/km]	0	0,02	27,7	0,0089

* Utslipp for CO2 oppgis i kg, Pb og PAH oppgis i mg og resten oppgis i g

Energibruk for Transportfasen:

Brennverdier		
Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Diesel	42,6	11,8

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	kg diesel	kWh	Funksjonell enhet:
Diesel (Mongstad)	373,6	4419,4	1414,6
Diesel	Drivstoff [kg/km]		
Tung gods	0,27		

Bilag B 5.5: Diesel forbruksfase

Funksjonell enhet [km]:	Drivstofforbruk for dieselmotor [snitt l/km]	Data for Diesel [fra FT-rapport]:	
150000	0,06402	Tetthet [kg/dm ³]	0,781
		Komponenter:	C15-C24
Antall liter for å oppfylle funksjonell enhet [l]:		koepktintervall [°C]	260-345
9603,1		Diesel	Drivstoff [kg/km]
		Personbil	0,05

Utslippsdata for bruk av Diesel personbil

Komponent:	Utslipp pr km [kg]:	Utslipp i forhold til funksjonell enhet [kg]:
CO2	0,16	24000
CH4	0	0
N2O	1,00E-05	1,5
SO2	6,00E-05	9
NOx	3,90E-04	58,5
NH3	0,00E+00	0
NMVOG	1,40E-04	21
CO	5,60E-04	84
Pb	1,00E-08	0,0015
PM(10)	1,70E-04	25,5
PM(2,5)	1,60E-04	24
PAH	2,00E-08	0,003

Brennverdier

Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Diesel	42,6	11,83

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	liter diesel	kWh
Diesel	9603,1	88725,00

Bilag B 6: Utslippsfaktorer Bensinbil/Diesebil

Tabell 3. Avgassutslipp og fordamping fra motoren pr. km. 1997.

Gjennomsnitt av alle teknologier og kjøremåter. g/km. CO2 og drivstoff i kg/km. PAH og bly i mg/km														
Bensin	Drivstoff	CO2	CH4	N2O	SO2	NOx	NH3	NM-	CO	Pb	PM110	PM12,5	PAH2	Benzen
Personbil	0,06	0,2	0,1	0,04	0,01	1,12	0,05	1,95	15,1	0,09	0,02	0,02	0,01	0,07
Varebil	0,1	0,32	0,1	0,03	0,02	1,55	0,04	2,37	19,9	0,14	0,02	0,02	0,02	0,1
Lastebil	0,16	0,49	0,36	0,01	0,03	8,54	0	7,74	43,8	0,22	0,02	0,02	0,03	0,18
Buss	0,16	0,5	0,46	0,01	0,03	9,56	0	9,24	43,3	0,22	0,02	0,02	0,03	0,17
Moped	0,02	0,06	0,11	0	0,003	0,05	0	6,93	13,2	0,03	0	0	-	-
Motorsykkel	0,04	0,12	0,2	0	0,006	0,28	0	4,7	28	0,06	0,01	0,01	-	-
Diesel	Drivstoff	CO2	CH4	N2O	SO2	NOx	NH3	NM-	CO	Pb	PM110	PM12,5	PAH2	Benzen
Personbil	0,05	0,16	0	0,01	0,06	0,39	0	0,14	0,56	0,01	0,17	0,16	0,02	0
Varebil	0,08	0,25	0,01	0,01	0,09	0,66	0	0,27	1	0,01	0,24	0,23	0,02	0,01
Lett gods	0,13	0,41	0,02	0,01	0,16	4,13	0	0,53	2,26	0,02	0,28	0,27	0,06	0,01
Medium gods	0,17	0,55	0,03	0,01	0,21	6,05	0	0,68	2,58	0,02	0,46	0,43	0,09	0,01
Tung gods	0,27	0,85	0,04	0,01	0,32	8,84	0	1	3,83	0,03	0,66	0,62	0,13	0,02
Buss	0,25	0,8	0,03	0	0,3	10	0	0,73	2,64	0,03	0,65	0,62	0,1	0,01

1 Inkluderer ikke veisiltasje

2 Fire utvalgte PAH-komponenter; benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren.

Bilag B 7.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for Hybrid - Bensin

Livsløp for Hybrid - Bensin

Globalt oppvarmings potensial, for forskjellige tidshorisonter*

Komponent:	20-års, GWP	100-års, GWP	500-års, GWP
CO2	1	1	1
CH4	62	24,5	7,5
N2O	290	320	180

Total bidrag til GWP fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	639,4	639,4	639,4
CH4	0,9	58,6	23,2
N2O	0,02	5,9	6,5
Total:		703,9	669,1

Total bidrag til GWP fra Mongstad for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	548	548	547,5
CH4	0,34	20,9	8,3
Total:		568,4	555,8

Total bidrag til GWP fra transportfase for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	211,2	211,2	211,2
CH4	0,01	0,6	0,2
N2O	0,002	0,7	0,8
Total:		212,5	212,2

Total bidrag til GWP fra forbruksfasen for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	13378,11	13378,1	13378,1
CH4	6,69	414,7	163,9
N2O	2,68	775,9	856,2
Total:		14568,8	14398,2

Total bidrag til GWP for Hybrid - Bensin

Livsløpsfase	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]	Total m/prod bil
Heidrun	703,9	669,1	
Mongstad	568,4	555,8	
Transport	212,5	212,2	
Forbruk	14568,8	14398,2	
Produksjon bil		2784,6	
Total:	16053,7	15835,3	18619,9

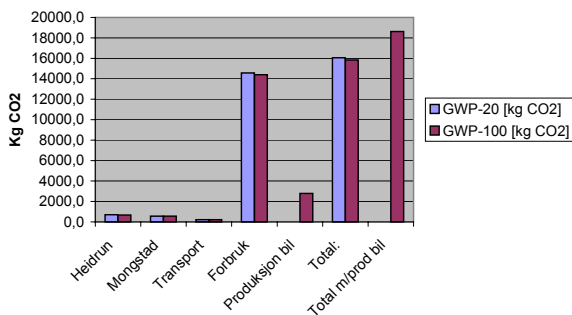
Forsuringspotensial, to scenarier (min&max)*

Komponent:	Min, gSO2/g	Max, gSO2/g	Snitt, gSO2/g
SO2	1	1	1
HCl	0,88	0,88	0,88
NOx	0	0,7	0,35
NH3	0	1,88	0,94

Total bidrag til forsurening fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,2	0,2
NOx	6,3	2,2
Total:		2,4

Total bidrag til GWP for Hybrid - Bensin



Total bidrag til forsuring fra Mongstad for funksjonell enhet		
Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,3	0,3
NOx	0,6	0,2
Total:		0,6

Total bidrag til forsuring fra transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,08	0,08
NOx	2,2	0,8
Total:		0,8

Total bidrag til forsuring fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	Forsuring [kg SO2]
SO2	0,67	0,7
NOx	74,92	26,2
NH3	3,34	3,3
Total:		30,2

Total bidrag til forsuring for Hybrid - Bensin		
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	
Heidrun	2,4	
Mongstad	0,6	
Transport	0,8	
Forbruk	30,2	
Produksjon bil	17,6	
Total:	34,0	Total m/prod bil 51,6

Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP), som Etenekvivalenter*		
Komponent:	POCP	
CO	0,036	
CH4	0,007	
NM-VOC	0,416	

Total bidrag til POCP fra Heidrun for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	1,1	0,0
CH4	0,9	0,01
NM-VOC	10,1	4,2
Total:		4,2

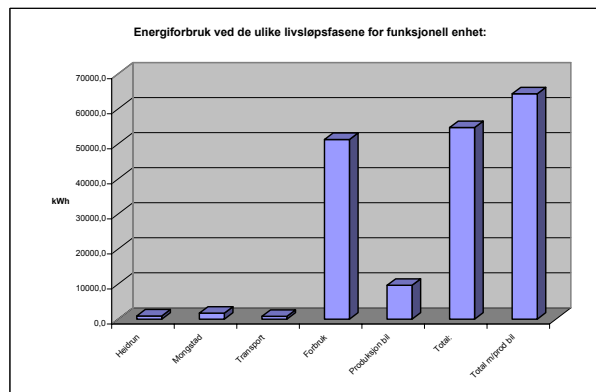
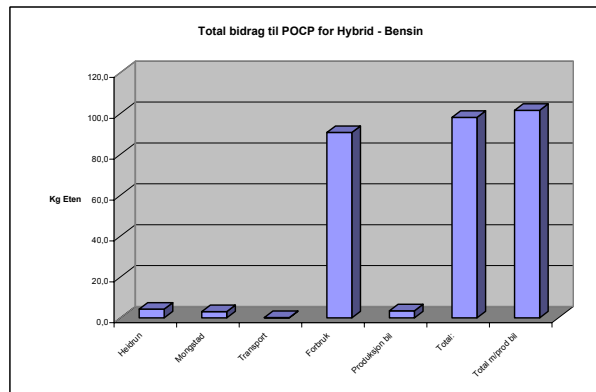
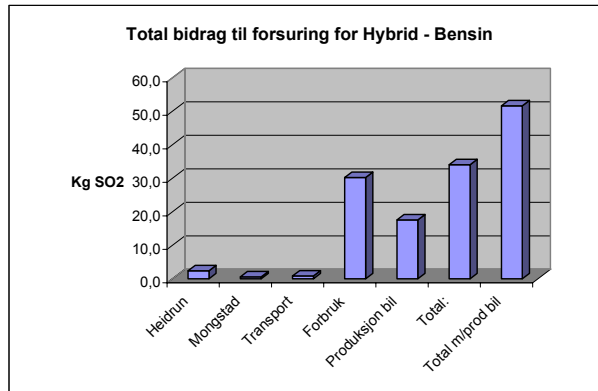
Total bidrag til POCP fra Mongstad for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CH4	0,3	0,01
NM-VOC	7,3	3,0
Total:		3,0

Total bidrag til POCP fra Transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	1,0	0,03
CH4	0,01	7E-05
NM-VOC	0,2	0,1
Total:		0,1

Total bidrag til POCP fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	1010,05	36,4
CH4	6,69	0,05
NM-VOC	130,44	54,3
Total:		90,7

Total bidrag til POCP for Hybrid - Bensin		
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	
Heidrun	4,2	
Mongstad	3,0	
Transport	0,1	
Forbruk	90,7	
Produksjon bil	3,5	
Total:	98,1	Total m/prod bil 101,6

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:		
Livsløpsfase:	kWh	
Heidrun	906,1	
Mongstad	1700,9	
Transport	793,6	
Forbruk	51282,7	
Produksjon bil	9646,6	
Total:	54683,4	
Total m/prod bil	64330,0	



Bilag B 7.2: Heidrun - Bensin

Forventet produksjon (2000)

komponent	Mengde [Sm ³ el. tonn]:	Omregning til toe	Råolje ut for å oppfylle funksjonell enhet [tonn]:
Olje:	1,03E+07	1,030E+07	11,0
Gass:	8,80E+08	7,392E+05	Allokeringsfaktor for funksjonell enhet
			1,068E-06

Utslippsdata fra råoljeproduksjon

komponent:	pr million toe (snitt for oljevirkosmhet) [tonn]	For Heidrun [tonn]	For funksjonell enhet [tonn]	For funksjonell enhet [kg]
CO2	58139	598831,7	6,394E-01	6,394E+02
CO	103	1060,9	1,133E-03	1,133E+00
NOx	570	5871	6,269E-03	6,269E+00
N2O	1,85	19,055	2,035E-05	2,035E-02
CH4	86	885,8	9,458E-04	9,458E-01
NMVOG	918	9455,4	1,010E-02	1,010E+01
SO2	18	185,4	1,980E-04	1,980E-01
Halon	0	0	0,000E+00	0,000E+00

Energiforbruk ved Heidrun år 2000:

	Olje [tonn eller Sm ³], total pr mill. Toe	For Heidrun [tonn el. Sm ³]	For funksjonell enhet [tonn el. Sm ³]	Regnet om til MJ	Regnet om til kWh
Brenngass	14	1,442E+02	0,000153966	0,005471952	0,001521203
Jet fuel	142	1462,6	1,562E-03	7,184E+01	19,97044653
Diesel	6804	70081,2	7,483E-02	3,188E+03	886,166858
				Total olje [kWh]:	906,1388257

Samsvar mellom enheter i petroleumsvirkosmhet:

enhet:	MJ	kWh	toe	Sm ³ gass	fat råolje
MJ	1	0,278	2,36E-05	0,0281	1,76E-04
kWh	3,6	1	8,50E-05	9,27E-02	6,35E-04
toe	42300	11788	1	1190	7,49
Sm ³ gass	35,54	9,87	8,40E-04	1	6,29E-03
fat råolje	5650	1569	0,134	159	1

Brennverdier

Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Gass	35,54	9,87
Jetfuel	46	12,78
Diesel	42,6	11,83

Bilag B 7.3: Mongstad Bensin

	Millioner tonn/år		Data for Bensin:	
Råolje inn:	8,3		Tetthet [kg/dm ³]	0,745
Total inn:	10,45		energi pr. volum [MJ/kg]	46
Diesel ut:	1,3		antall kWh pr MJ [kWh/MJ]	0,278
Bensin ut:	3			
Total ut:	10,35			
Allokeringskonstant (ut):		Allokeringskonstant (inn):		
0,2899		0,7943		
Funksjonell enhet				
150.000 km				

Bensin for å oppfylle funksjonell enhet [l]	Råolje inn for å oppfylle funksjonell enhet, bensin [tonn]:
5387,2	11,0

Allokeringsenhet i forhold til funksjonell enhet:	
Antall liter bensin produsert:	4026845638
Allokeringskonstant:	1,34E-06

Utslipp forbundet med drift av Mongstad raffineri (luft)

Komponent:	Total utslipp [tonn]	Bensinproduksjon [tonn]:	Funksjonell enhet [tonn]	Funksjonell enhet [kg]
CH4	870	252	0,00034	0,3374
HCN	0,772	0,224	0,00000	0,0003
CO2	1,41E+06	409275	0,54753	547,5329
H2S	0,266	0,077	0,00000	0,0001
PM(>2,5)	44,81	12,988	0,00002	0,0174
NM-VOC	18770	5441	0,00728	7,2785
NOx	1654	479,4	0,00064	0,6414
SO2	884	256,2	0,00034	0,3428

Energiforbruk ved Mongstad år 2000:				
	tonn	Sm ³	MJ	kWh
Gass:	255540	343006711,4	15778308725	4386369826
			For funksjonell enhet:	1700,9

Bilag B 7.4: Transport med tankbil fra Mongstad til bensinstasjon i Elgesetertg

Distanse en vei* [km]:	691,8	Total distanse tilbakelagt [km]:	1383,6
Bensin til funksjonell enhet [l]:	5387,2	Andel av lasten ved transport:	0,180
Bensin til funksjonell enhet [kg]:	4013		
Last funksjonell enhet [kg]:	4013		
Max last** [kg]:	22350		
Antall turer for 100% transport***	2		

Data for Bensin*	
Tetthet [kg/dm ³]	0,745

* Er basert på veiplanlegger fra Norsk veivesen

** Er basert på en max kapasitet på 30 m³ pr tankbil

*** Er basert på antagelsen at en bil kjører tom tilbake etter leveranse, og dermed får levert 50% på en tur en vei

Utslipp forbundet med bruk av tankbiltransport:

Hybrid/Bensin:

Komponent:	Biltype:		Mongstad*:	
	Personbil:	Tung gods:	Utslipp Total [*]:	Funksjonell enhet [kg]:
CO2 [kg/km]	0,16	0,85	1176,1	211,2
CH4 [g/km]	0	0,04	55,3	0,010
N2O [g/km]	0,01	0,01	13,8	0,0025
SO2 [g/km]	0,06	0,32	442,8	0,080
NOx [g/km]	0,39	8,84	12231,0	2,20
NH3 [g/km]	0	0	0,0	0,0
NM-VOC [g/km]	0,14	1	1383,6	0,25
CO [g/km]	0,56	3,83	5299,2	0,95
Pb [mg/km]	0,01	0,03	41,5	0,000007
PM10 [g/km]	0,17	0,66	913,2	0,16
PM2,5 [g/km]	0,16	0,62	857,8	0,2
PAH [mg/km]	0,02	0,13	179,9	0,000032
Benzen [g/km]	0	0,02	27,7	0,0050

* Utslipp for CO2 oppgis i kg, Pb og PAH oppgis i mg og resten oppgis i g

Energibruk for Transportfasen:

Brennverdier

Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Diesel	42,6	11,8

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	kg diesel	kWh	Funksjonell enhet:
Diesel (Mongstad)	373,6	4419,4	793,6
Diesel	Drivstoff [kg/km]		
Tung gods	0,27		

Bilag B 7.5: Hybrid forbruksfase

Funksjonell enhet [km]:	Drivstofforbruk for hybrid/bensinmotor [snitt l/km]	Data for Bensin*	
150000	0,0359	Tetthet [kg/dm ³]	0,745

Antall liter for å oppfylle funksjonell enhet [l]:	Bensin	Drivstoff [kg/km]
5387,2	Hybridbil	0,02676
	Personbil	0,06

Allokering for utslipp:
0,446

Eksempel hybrid:	Forbruk by [km/l]	Forbruk [km/l]	Snittforbruk [km/l]
Toyota Prius	22,105	19,129	20,617
Honda Insight	25,931	29,757	27,844
Honda Civic	19,554	21,68	20,617

Komponent:	Utslipp pr km [kg]:	Utslipp i forhold til funksjonell enhet [kg]:
CO2	0,2	13378,11
CH4	0,1	6,69
N2O	0,04	2,68
SO2	0,01	0,67
NOx	1,12	74,92
NH3	0,05	3,34
NMVOG	1,95	130,44
CO	15,1	1010,05
Pb	0,09	0,006
PM(10)	0,02	1,34
PM(2,5)	0,02	1,34
PAH	0,01	0,00067
Benzen	0,07	4,68

Brennverdier		
Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Bensin	46	12,78

Energibruk for forbruksfasen:		
Komponent:	liter Bensin	kWh
Bensin	5387,2	51282,74

Bilag B 8.1: Miljøpåvirkning for livsløpssystemet for Brenselcelle

Livsløp for MeOH-FC

Globalt oppvarmings potensial, for forskjellige tidshorisonter*

Komponent:	20-års, GWP	100-års, GWP	500-års, GWP
CO2	1	1	1
CH4	62	24,5	7,5
N2O	290	320	180

Total bidrag til GWP fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	335,4	335,4	335,4
CH4	0,3	18,3	7,2
N2O	0,01	1,8	1,9
Total:		355,4	344,5

Total bidrag til GWP fra Tjeldbergodden for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	2289	2289	2288,8
CH4	0,07	4,6	1,8
Total:		2293,4	2290,6

Total bidrag til GWP fra transportfase for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	61,4	61,4	61,4
CH4	0,003	0,2	0,1
N2O	0,0007	0,2	0,2
Total:		61,7	61,7

Total bidrag til GWP fra forbruksfasen for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
CO2	8277,2	8277,2	8277,2
CH4	0	0	0
N2O	0	0	0
Total:		8277,2	8277,2

Total bidrag til GWP for MeOH-FC

Livsløpsfase	GWP-20 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	355,4	344,5
Tjeldbergodden	2293,4	2290,6
Transport	61,7	61,7
Forbruk	8277,2	8277,2
Produksjon bil		2,78E+03
Total:	10987,7	10974,0
Total m/prod bil		13754,8

Forsurningspotensial, to scenarier (min&max)*

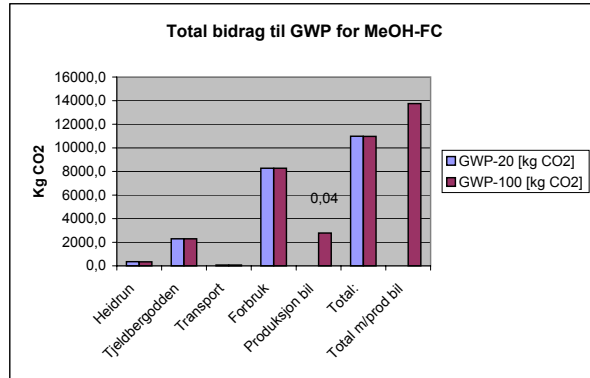
Komponent:	Min, gSO2/g	Max, gSO2/g	Snitt, gSO2/g
SO2	1	1	1
HCl	0,88	0,88	0,88
NOx	0	0,7	0,35
NH3	0	1,88	0,94

Total bidrag til forsyning fra Heidrun for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,04	0,04
NOx	1,8	0,6
Total:		0,7

Total bidrag til forsyning fra Tjeldbergodden for funksjonell enhet

Komponent:	utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,0	0,0
NOx	3,1	1,1
Total:		1,1



Total bidrag til forsurening fra transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	forsuring [kg SO2]
SO2	0,023	0,02
NOx	0,64	0,2
Total:		0,25

Total bidrag til forsurening fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	Forsuring [kg SO2]
SO2	0	0
NOx	0,025	0,009
NH3	0	0
Total:		0,009

Total bidrag til forsurening for MeOH-FC		
Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	
Heidrun	0,7	
Tjeldbergodden	1,1	
Transport	0,2	
Forbruk	0,01	
Produksjon bil	1,82E+01	
Total:	2,0	Total m/prod bil 20,23

Fotokjemisk ozondannelsepotensial (POCP), som Etenekvivalenter*		
Komponent:	POCP	
CO	0,036	
CH4	0,007	
NM-VOC	0,416	

Total bidrag til POCP fra Heidrun for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	0,4	0,02
CH4	0,3	0,002
NM-VOC	0,2	0,1
Total:		0,1

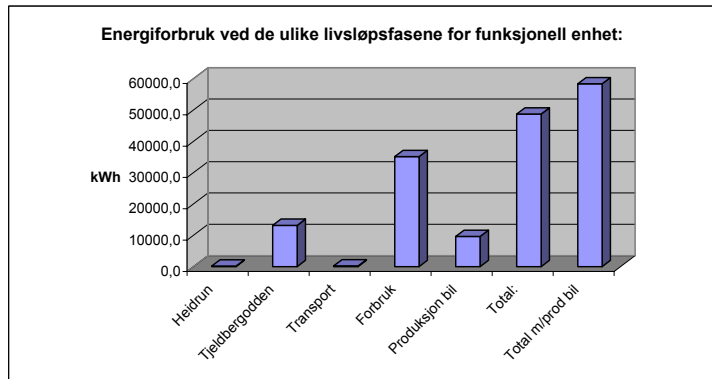
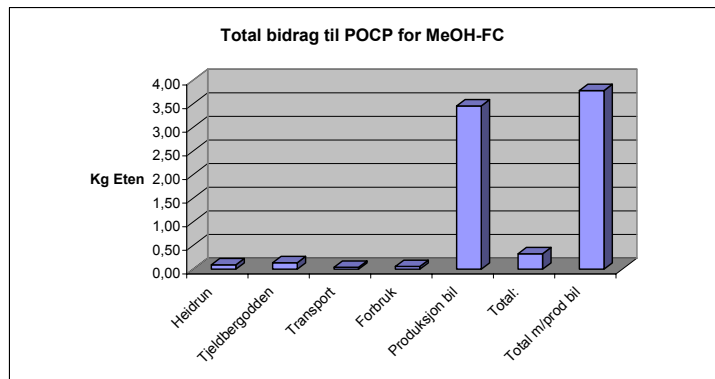
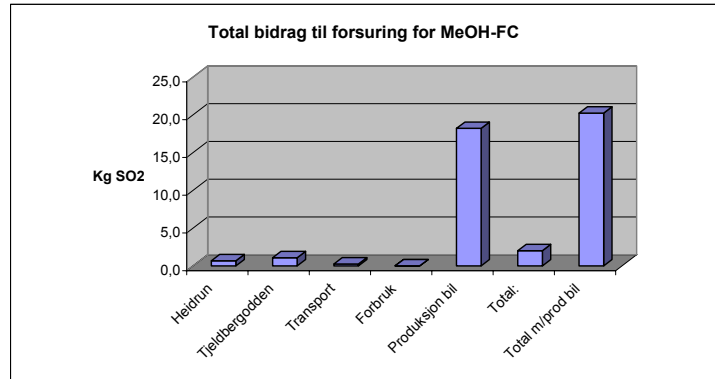
Total bidrag til POCP fra Tjeldbergodden for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CH4	0,07	0,003
NM-VOC	0,32	0,13
Total:		0,14

Total bidrag til POCP fra Transportfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	0,3	0,01
CH4	0,003	2E-05
NM-VOC	0,1	0,03
Total:		0,040

Total bidrag til POCP fra forbruksfase for funksjonell enhet		
Komponent:	Utslipp i kg	POCP [kg Eten]
CO	0,13	0,0046
CH4	0	0
NM-VOC	0,13	0,053
Total:		0,0571

Total bidrag til POCP for MeOH-FC		
Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	
Heidrun	0,09	
Tjeldbergodden	0,14	
Transport	0,04	
Forbruk	0,06	
Produksjon bil	3,46E+00	
Total:	0,33	Total m/prod bil 3,78

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:		
Livsløpsfase:	kWh	
Heidrun	181,7	
Tjeldbergodden	13180,2	
Transport	230,6	
Forbruk	35143,6	
Produksjon bil	9646,6	
Total:	48736,1	
Total m/prod bil	58382,7	



Bilag B 8.2: Heidrun - Brenselcelle

Forventet produksjon (2000)			Naturgass ut for å oppfylle funksjonell enhet [Sm ³]	
komponent	Mengde [Sm ³ el. tonn]:	Omregning til toe	4,68E+03	
Olje:	1,03E+07	1,030E+07		
Gass:	8,80E+08	7,392E+05	Allokeringsfaktor for funksjonell enhet	
			5,32E-06	

Utslippsdata fra gassproduksjon				
komponent:	pr milion toe (snitt for oljevirkosomhet) [tonn]	For Heidrun [tonn]	For funksjonell enhet [tonn]	For funksjonell enhet [kg]
CO2	85324	63071,50	3,354E-01	3,354E+02
CO	108	79,83	4,245E-04	4,245E-01
NOx	468	345,95	1,839E-03	1,839E+00
N2O	1,54	1,14	6,053E-06	6,053E-03
CH4	75	55,44	2,948E-04	2,948E-01
NMVOG	46	34,00	1,808E-04	1,808E-01
SO2	9	6,65	3,537E-05	3,537E-02
Halon	0	0,00	0,000E+00	0,000E+00

Samsvar mellom enheter i petroleumsvirkosomhet:						
enhet:	MJ	kWh	toe	Sm ³ gass	fat råolje	
MJ	1	0,278		2,36E-05	0,0281	1,76E-04
kWh	3,6	1		8,50E-05	9,27E-02	6,35E-04
toe	42300	11788		1	1190	7,49
Sm ³ gass	35,54	9,87		8,40E-04	1	6,29E-03
fat råolje	5650	1569		0,134	159	1

Energiforbruk ved Heidrun år 2000:				
	Gass [tonn eller Sm ³], total pr. mill. Toe	For Heidrun	For funksjonell enhet [tonn el. Sm ³]	Regnet om til MJ
Brenngass	31	22,9152	1,22E-04	4,33E-03
Jet fuel	142	104,9664	5,58E-04	2,57E+01
Diesel	3751	2772,7392	1,47E-02	6,28E+02
Brennverdier				Regnet om til kWh
Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)	Brenngass	1,20E-03
Gass	35,54	9,87	Jet fuel	7,14E+00
Jetfuel	46	12,78	Diesel	1,75E+02
Diesel	42,6	11,83	Total Gass [kWh]:	
				1,82E+02

Bilag B 8.3: Produksjon av MeOH ved Tjeldbergodden

Massebalanse:		Antall liter MeOH for å oppfylle funksjonell enhet:	
INN [enhet]*:	Tonn	7620	
Naturgass	469800	Data for Metanol:	
Kondensat	0	Tetthet [kg/dm ³]:	0,79
		Brennverdi [MJ/kg]:	21
		Allokeringsenhet for funksjonell enhet:	
		6,95E-06	
		Naturgass inn for å oppfylle funksjonell enhet [Sm ³]	
		4,68E+03	

UT [enhet]*:	Tonn
Metanol	866600
Oksygen	10470
Nitrogen	4164
Argon	9550
LNG	11340
Total UT**:	902124

* Basert på tall fra HMS-årsberetningen for Konsernet Statoil ASA for år 2001

** Total ut er rein massebasis for å kunne allokere utslipp til det relevante produkt i analysen.

Allokeringsenhet, produksjon:	Data for gass:
0,961	vekt pr. volum [kg/Sm ³]
	0,67
	energi pr. volum [MJ/Sm ³]
	35,54
	antall kWh pr MJ [kWh/MJ]
	0,278

Utslipp forbundet med drift av Tjeldbergodden (luft)*

Komponent:	Total utslipp [tonn]	Metanolproduksjon [tonn]:	Funksjonell enhet [tonn]	Funksjonell enhet [kg]
CH4	11	10,57	0,00007	0,0734
CO	23	22,09	0,00015	0,1535
CO2	3,43E+05	329493,28	2,28881	2288,8111
PM(>2,5)	0,9	0,86	0,00001	0,0060
NM-VOC	48	46,11	0,00032	0,3203
NOx	463	444,77	0,00309	3,0896

* Utslippstall er basert på oppgitte tall til SFT.

Energi forbruk ved Tjeldbergodden

Energibærer	Energimengde[GWh]	For funksjonell enhet [kWh]
Diesel	0,4	2,78E+00
Elektrisitet	68	4,72E+02
Fuel gas	1672	1,16E+04
Flare gas	157	1,09E+03
Total:	1897,4	1,32E+04

Bilag B 8.4: Transport med tankbil fra Tjeldbergodden til bensinstasjon i Elgesetergt

Distanse en vei* [km]:	142,1	Total distanse tilbakelagt [km]:	284,2
Metanol til funksjonell enhet [l]:	7620,0	Andel av lasten ved transport:	0,254
Metanol til funksjonell enhet [kg]:	6020		
Last funksjonell enhet [kg]:	6020		
Max last** [kg]:	23700		
Antall turer for 100% transport***	2		

Data for Metanol:	
Tetthet [kg/dm ³]:	0,79
Brennverdi [MJ/kg]:	21

* Er basert på veiplanlegger fra Norsk veivesen

** Er basert på en max kapasitet på 30 m³ pr tankbil

*** Er basert på antagelsen at en bil kjører tom tilbake etter leveranse, og dermed får levert 50% på en tur en vei

Utslipp forbundet med bruk av tankbiltransport:

MeOH-FC:

Komponent:	Biltype:		Tjeldbergodden*:	
	Personbil:	Tung gods:	Utslipp Total [*]:	Funksjonell enhet [kg]:
CO2 [kg/km]	0,16	0,85	241,6	61,4
CH4 [g/km]	0	0,04	11,4	0,003
N2O [g/km]	0,01	0,01	2,8	0,0007
SO2 [g/km]	0,06	0,32	90,9	0,023
NOx [g/km]	0,39	8,84	2512,3	0,64
NH3 [g/km]	0	0	0,0	0,0
NM-VOC [g/km]	0,14	1	284,2	0,07
CO [g/km]	0,56	3,83	1088,5	0,28
Pb [mg/km]	0,01	0,03	8,5	0,000002
PM10 [g/km]	0,17	0,66	187,6	0,05
PM2,5 [g/km]	0,16	0,62	176,2	0,0
PAH [mg/km]	0,02	0,13	36,9	0,000009
Benzen [g/km]	0	0,02	5,7	0,0014

* Utslipp for CO2 oppgis i kg, Pb og PAH oppgis i mg og resten oppgis i g

Energibruk for Transportfasen:

Brennverdier

Komponent:	MJ/kg(Sm ³)	kWh/kg(Sm ³)
Diesel	42,6	11,8

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	kg diesel	kWh	Funksjonell enhet:
Diesel (Mongstad)	76,7	907,8	230,6
Diesel	Drivstoff [kg/km]		
Tung gods	0,27		

Bilag B 8.5: Forbruksfase for MeOH-Brenselcelle

Funksjonell enhet [km]:	Forbruk av MeOH for å oppfylle funksjonell enhet [l**]:
150000	7620

Forbruk MeOH [l/100km]*:	Snittforbruk MeOH [l/100km]*:	Data for Metanol:	
5,16		Tetthet [kg/dm ³):	0,79
	5,08	Brennverdi [MJ/kg):	21
Forbruk MeOH [l/100km]*:		Snittforbruk MeOH - Necar 3 [l/100km]:	
5		9,5	

* Basert på tall fra Röder (2001)

** Basert på snittall fra Röder (2001)

Utslippsdata for bruk av Diesel personbil*:

Komponent:	Utslipp pr tonn MeOH [kg]:	Utslipp i forhold til funksjonell enhet [kg]:
CO ₂	1375	8277,23
NO _x	4,20E-03	0,025
NM _{VOC}	2,10E-02	0,126
CO	2,10E-02	0,126

* Basert på tall fra Röder (2001)

Energibruk for forbruksfasen:

Komponent:	liter metanol	MJ	kWh
Metanol	7620,0	126415,80	35143,6

Bilag B 9: Karakteriseringsfaktorer

Globalt oppvarmings potensial, for forskjellige tidshorisonter*

Komponent:	20-års, GWP	50-års, GWP	100-års, GWP
CO2	1	1	1
CH4	62	24,5	7,5
N2O	290	320	180

* utdrag av tabell fra Christiansen et. al. (1995)

Forsuringspotensial, to scenarioer (min&max)*

Komponent:	Min, gSO2/g	Max, gSO2/g	Snitt, gSO2/g
SO2	1	1	1
HCl	0,88	0,88	0,88
Nox	0	0,7	0,35
NH3	0	1,88	0,94

* utdrag av tabell fra Christiansen et. al. (1995)

Fotokjemisk ozondannelsespotensial (POCP), som Etenekvivalenter*

Komponent:	POCP
CO	0,036
CH4	0,007
NM-VOC	0,416

* utdrag av tabell fra Christiansen et. al. (1995)

Bilag B 10: Følsomhetsanalyse - Bilproduksjon**Prosentmessig påvirkning ved inkludering av bilproduksjon****GWP**

Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	35510,14	38279,44	2769,30	7,80
Diesel	28782,27	31557,77	2775,50	9,64
Hybrid	15835,28	18619,92	2784,64	17,59
Brenselcelle	10974,01	13754,81	2780,81	25,34

Forsuring

Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	76,34	93,68	17,34	22,72
Diesel	42,36	59,75	17,38	41,03
Hybrid	34,04	51,61	17,57	51,62
Brenselcelle	2,02	20,23	18,21	903,49

POCP

Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	219,98	223,42	3,45	1,57
Diesel	36,00	39,45	3,45	9,59
Hybrid	98,10	101,55	3,46	3,52
Brenselcelle	0,33	3,78	3,46	1061,70

Energibruk

Livsløpssystem	Total	Total m/bilproduksjon	Endring	%-vis endring
Bensin	122625,83	132209,13	9583,30	7,82
Diesel	97225,85	106836,95	9611,10	9,89
Hybrid	54683,38	64329,98	9646,60	17,64
Brenselcelle	48736,11	58382,71	9646,60	19,79

Bilag B 11.1: Følsomhetsanalyse - Svinn - Bensin

Liter drivstoff som må transporteres ved svinn

Livsløpssystem	liter transportert	med 5% svinn	med 10% svinn
Bensin	12080,54	12684,56	13288,59

Bensin

Total bidrag til GWP for raffinert Bensin

Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]	5% svinn	10% svinn
		GWP-100 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	1500,37	1575,40	1650,40
Mongstad	1246,36	1308,70	1371,00
Transport	475,91	475,91	475,91
Forbruk	32287,50	32287,50	32287,50
Total:	35510,14	35647,51	35784,81

Total bidrag til forsuring for raffinert Bensin

Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	5% svinn	10% svinn
		Forsuring [kg SO2]	Forsuring [kg SO2]
Heidrun	5,36	5,60	5,90
Mongstad	1,27	1,30	1,40
Transport	1,90	1,90	1,90
Forbruk	67,80	67,80	67,80
Total:	76,34	76,60	77,00

Total bidrag til POCP for raffinert bensin

Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	5% svinn	10% svinn
		POCP [kg Eten]	POCP [kg Eten]
Heidrun	9,52	10,00	10,50
Mongstad	6,82	7,20	7,50
Transport	0,31	0,31	0,31
Forbruk	203,33	203,33	203,33
Total:	219,98	220,83	221,63

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:

Livsløpsfase:	kWh	5% svinn	10% svinn
		kWh	kWh
Heidrun	2031,99	2133,60	2235,20
Mongstad	3814,23	4005,00	4195,70
Transport	1779,61	1779,61	1779,61
Forbruk	115000,00	115000,00	115000,00
Total:	122625,83	122918,21	123210,51

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn

Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Bensin	GWP	35510,14	0,39	0,77
Bensin	Forsuring	76,34	0,35	0,87
Bensin	POCP	219,98	0,39	0,75
Bensin	Energibruk	122625,83	0,24	0,48

Bilag B 11.2: Følsomhetsanalyse - Svinn - Diesel

Liter drivstoff som må transporteres ved svinn

Livsløpssystem	liter transportert	med 5% svinn	med 10% svinn
Diesel	9603,07	10083,23	10563,38

Total bidrag til GWP for raffinert diesel

Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO2]	5% svinn	10% svinn
		GWP-100 [kg CO2]	GWP-100 [kg CO2]
Heidrun	2885,33	3029,60	3173,90
Mongstad	1038,63	1090,60	1142,50
Transport	378,31	378,31	378,31
Forbruk	24480,00	24480,00	24480,00
Total:	28782,27	28978,51	29174,71

Total bidrag til forsuring for raffinert diesel

Livsløpsfase	Forsuring [kg SO2]	5% svinn	10% svinn
		Forsuring [kg SO2]	Forsuring [kg SO2]
Heidrun	10,32	10,80	11,30
Mongstad	1,06	1,10	1,20
Transport	1,51	1,51	1,51
Forbruk	29,48	29,48	29,48
Total:	42,36	42,89	43,49

Total bidrag til POCP for raffinert diesel

Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	5% svinn	10% svinn
		POCP [kg Eten]	POCP [kg Eten]
Heidrun	18,32	19,20	20,10
Mongstad	5,68	6,00	6,20
Transport	0,25	0,25	0,25
Forbruk	11,76	11,76	11,76
Total:	36,00	37,21	38,31

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:

Livsløpsfase:	kWh	5% svinn	10% svinn
		kWh	kWh
Heidrun	3907,67	4103,00	4298,40
Mongstad	3178,53	3337,40	3496,40
Transport	1414,65	1414,65	1414,65
Forbruk	88725,00	88725,00	88725,00
Total:	97225,85	97580,05	97934,45

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn

Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Diesel	GWP	28782,27	0,68	1,36
Diesel	Forsuring	42,36	1,24	2,65
Diesel	POCP	36,00	3,34	6,40
Diesel	Energibruk	97225,85	0,36	0,73

Bilag B 11.3: Følsomhetsanalyse - Svinn - Hybrid

Liter drivstoff som må transporteres ved svinn

Livsløpssystem	liter transportert	med 5% svinn	med 10% svinn
Hybrid	5387,16	5656,51	5925,87

Total bidrag til GWP for Hybrid

Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO ₂]	5% svinn		10% svinn	
		GWP-100 [kg CO ₂]	GWP-100 [kg CO ₂]	GWP-100 [kg CO ₂]	GWP-100 [kg CO ₂]
Heidrun	669,07	702,50	736,00		
Mongstad	555,80	583,60	611,40		
Transport	212,23	212,23	212,23		
Forbruk	14398,19	14398,19	14398,19		
Total:	15835,28	15896,51	15957,81		

Total bidrag til forsuring for Hybrid

Livsløpsfase	Forsuring [kg SO ₂]	5% svinn		10% svinn	
		Forsuring [kg SO ₂]	Forsuring [kg SO ₂]	Forsuring [kg SO ₂]	Forsuring [kg SO ₂]
Heidrun	2,39	2,50	2,60		
Mongstad	0,57	0,60	0,60		
Transport	0,85	0,85	0,85		
Forbruk	30,23	30,23	30,23		
Total:	34,04	34,18	34,28		

Total bidrag til POCP for Hybrid

Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	5% svinn		10% svinn	
		POCP [kg Eten]	POCP [kg Eten]	POCP [kg Eten]	POCP [kg Eten]
Heidrun	4,25	4,50	4,70		
Mongstad	3,04	3,20	3,30		
Transport	0,14	0,14	0,14		
Forbruk	90,67	90,67	90,67		
Total:	98,10	98,51	98,81		

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:

Livsløpsfase:	kWh	5% svinn		10% svinn	
		kWh	kWh	kWh	kWh
Heidrun	906,14	951,40	996,80		
Mongstad	1700,91	1785,90	1871,00		
Transport	793,59	793,59	793,59		
Forbruk	51282,74	51282,74	51282,74		
Total:	54683,38	54813,63	54944,13		

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn

Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Hybrid	GWP	15835,28	0,39	0,77
Hybrid	Forsuring	34,04	0,41	0,71
Hybrid	POCP	98,10	0,42	0,73
Hybrid	Energibruk	54683,38	0,24	0,48

Bilag B 11.4: Følsomhetsanalyse - Svinn - Brenselcelle

Liter drivstoff som må transporteres ved svinn

Livsløpssystem	liter transportert	med 5% svinn	med 10% svinn
Brenselcelle	7620,00	8001,00	8382,00

Total bidrag til GWP for brenselcelle

Livsløpsfase	GWP-100 [kg CO ₂]	5% svinn	10% svinn
		GWP-100 [kg CO ₂]	GWP-100 [kg CO ₂]
Heidrun	344,51	361,70	378,97
Tjeldbergodden	2290,61	2405,10	2519,67
Transport	61,66	61,66	61,66
Forbruk	8277,23	8277,23	8277,23
Total:	10974,01	11105,69	11237,53

Total bidrag til forsuring for brenselcelle

Livsløpsfase	Forsuring [kg SO ₂]	5% svinn	10% svinn
		Forsuring [kg SO ₂]	Forsuring [kg SO ₂]
Heidrun	0,68	0,70	0,75
Tjeldbergodden	1,08	1,10	1,19
Transport	0,25	0,25	0,25
Forbruk	0,01	0,01	0,01
Total:	2,02	2,06	2,20

Total bidrag til POCP for brenselcelle

Livsløpsfase:	POCP [kg Eten]	5% svinn	10% svinn
		POCP [kg Eten]	POCP [kg Eten]
Heidrun	0,09	0,10	0,10
Tjeldbergodden	0,14	0,14	0,15
Transport	0,04	0,04	0,04
Forbruk	0,06	0,06	0,06
Total:	0,33	0,34	0,35

Energiforbruk ved de ulike livsløpsfasene for funksjonell enhet:

Livsløpsfase:	kWh	5% svinn	10% svinn
		kWh	kWh
Heidrun	181,73	190,80	199,91
Tjeldbergodden	13180,21	13839,20	14498,20
Transport	230,57	230,57	230,57
Forbruk	35143,59	35143,59	35143,59
Total:	48736,11	49404,16	50072,27

Prosentmessig avvik ved 5% og 10% svinn

Livsløpssystem	Effektkategori	Total	5% svinn	10% svinn
Brenselcelle	GWP	10974,01	1,20	2,40
Brenselcelle	Forsuring	2,02	1,96	8,90
Brenselcelle	POCP	0,33	4,43	7,50
Brenselcelle	Energibruk	48736,11	1,37	2,74