



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Arbetsmiljö-LCA- vidareutveckling av en kvantitativ metod

Ann-Beth Antonsson och Malin Nilsson
B 1320
Stockholm, januari 1999

IVL

Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning
Swedish Environmental Research Institute

Organisation/Organization Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning Adress/Address Box 21060 100 31 STOCKHOLM Telefonnr/Telephone 08-729 15 00	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary Projekttitel/Project title Anslagsgivare för projektet/Project sponsor Rådet för Arbetslivsforskning
Rapportförfattare, author Ann-Beth Antonsson, Malin Nilsson	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Arbetsmiljö-LCA - vidareutveckling av en kvantitativ metod	
Sammanfattning/Summary <p>IVL har tidigare utvecklat grunderna för en metod för att integrera arbetsmiljö i livscykelanalyser, LCA. Denna metod har nu vidareutvecklats och testats i en fallstudie. I fallstudien jämförs två alternativ, etanol resp. diesel som drivmedel för busskörning. Som underlag användes data från en LCA för den yttre miljön för dessa system.</p> <p>Den metod som använts bygger på att data samlas in för fyra effektkategorier, dödsfall, förlorade arbetsdagar beroende på arbetsskador, hörselskador samt allergier & eksem. Data för dessa effektkategorier har tagits fram ur ISA, Arbetarskyddsstyrelsens informationssystem för arbetsskador för olika SNI-koder, d v s olika branscher. Bidraget till arbetsskadorna har beräknats utgående från data om mängden i livscykeln och den totalt producerade mängden i SNI-koden. För att kontrollera om data för de olika delarna i livscykeln avviker från ett förväntat värde, baserat på medelvärdet för arbetsskador för de fyra effektkategorierna i Sverige, har en normalisering gjorts. Dessutom har en känslighetsanalys gjorts för att kontrollera hur känsligt resultatet i de fyra effektkategorierna är för osäkerheter i data.</p> <p>Slutsatserna av studien är att när det gäller totala mängden arbetsskador i livscykeln räknat på den funktionella enheten 10⁷ km busskörning, går det inte att avgöra vilket alternativ som är bäst. Studerar man däremot delar av livscykeln är det möjligt att dra vissa slutsatser. Normaliseringen visar att det finns överrisker i effektkategorierna hörselskador och förlorade arbetsdagar, vad gäller insamling av avfall. Dessutom finns överrisker för allergier och eksem vad gäller deponering av avfall. En noggrannare analys krävs dock för att säkerställa att överrisken beror på just dessa arbeten och inte andra arbeten som också ingår i aktuell SNI-kod. Känslighetsanalysen visar att insamling och deponering av avfall ger de största bidragen till slutresultatet. Även om bidraget från andra delar av livscykeln och för någon effektkategori skulle vara en faktor 5 högre, påverkar det slutresultatet endast marginellt.</p> <p>Fallstudien visar att det är möjligt att göra en arbetsmiljö-LCA (WELCA) som harmonierar väl med traditionell LCA för den yttre miljön. Vidareutveckling har gjorts när det gäller normalisering. Normalisering har den stora fördelen att hjälpa till att identifiera de delar av livscykeln som innebär överrisker och även sortera ut de delar som ger ett stort bidrag p g a att de utgör en "stor" del av LCA:n även om arbetsskadorna per 1000 anställda är färre än det svenska medelvärdet. Även känslighetsanalys är en vidareutveckling av metoden och ger ett bra underlag för att kontrollera effekterna av osäkerheter i data.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords Livscykelanalyser, metod, fallstudie, arbetsmiljö LCA, method, working environment, WELCA, case study	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport B 1320	
Beställningsadress för rapporten/Ordering address IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm, Sweden	

Innehållsförteckning

Summary	3
1. Vad är LCA?.....	4
2. Varför ska arbetsmiljö tas med i LCA?	5
3. Vad säger en arbetsmiljö-LCA.	6
4. Vad säger ISO-standarden om LCA?.....	6
5. Olika typer av WELCA-metoder	7
6. Test av IVLs branschmetod	10
6.1 Val av fall för test av WELCA	10
6.2 Utförande.....	11
6.2.1 Inventering	11
6.2.2 Allokering.....	13
6.2.3 Normalisering.....	14
6.3 Resultat	16
6.3.1 Etanolproduktion jämfört med dieselproduktion.....	17
6.3.2 Resultat av normalisering	18
6.3.3 Känslighetsanalys.....	22
7. För och nackdelar med IVLs branschmetod.....	28
7.1 Tillgång till data	28
7.2 Datakvalité	29
7.3 Allokering.....	30
7.4 Normalisering.....	30
7.5 Känslighetsanalys	31
7.6 Identifiering av "hot spots"	31
7.7 Tillförlitlighet i resultat	31
7.8 Användningsområden.....	32
7.9 Bransch-WELCA eller process-WELCA?	33
8. Förslag till fortsatt utvecklingsarbete WELCA.....	33
9. Referenser	34
Bilaga 1.....	35
Bilaga 2.....	37
Bilaga 3.....	41

Summary

A method has previously been developed within IVL, to integrate working environment in the methodology for life cycle assessments, LCA. This method has been tested in a case study and further developed. The case is a comparison of two alternatives, diesel and ethanol as fuel for bus driving. Data for the life cycle from a traditional LCA previously done for this case was used.

The method developed is based on the collection of data for four impact categories, deaths due to workrelated accidents, workdays lost due to workrelated accidents and diseases, hearing damages and allergies & eczemas. Data for these impact categories was collected from ISA, the Swedish statistics on workrelated accidents and diseases. ISA is managed by the National Board of Occupational Safety and Health. Data is available for different branches according to the Swedish classification system, SNI.

The amount of workrelated accidents and diseases in the four impact categories in different parts of the life cycle has been calculated based on the amount of material / transports etc in each part of the life cycle in relation to the total amount produced in the branch. To control if the amount of injuries and diseases in any part of the life cycle deviates from a value calculated from average statistics on injuries and diseases in Sweden, a normalisation has been made for each of the four impact categories. In addition, a sensitivity analysis has been made to control how sensitive the result is to uncertainties in the statistics.

The conclusions from the study is that when it comes to the total amount of potential workrelated illness related to the functional unit 10^7 km of bus driving, it is not possible to decide which alternative is the best. A closer study of the lifecycle, makes it possible to draw some conclusions. The normalisation shows that there are overrisks in the impact categories hearing damage and workdays lost for the parts of the life cycle concerning collection of wastes. Additionally, there are overrisks for allergies and eczemas for the parts of the life cycle that concern landfills. A more thorough analysis is required to identify if the overrisk depends on these specific work tasks in the life cycle or other work tasks also included in the same branch (SNI-code). The sensitivity analysis show that the collection of waste and work at landfills give the largest contributions to the result. Even if the contribution from other parts of the life cycle and impact category is magnified by a factor 5, this will affect the result only marginally.

The case study show that it is possible to make an WELCA (working environment LCA) that harmonize with LCA for the environment. Developments of the method have been done regarding normalisation. The normalisation makes it possible to identify the parts of the life cycle which pose overrisks as well as sorting out the parts of the life cycle that give large contributions to the results mainly because they represent a "large" part of the life cycle and not because the risk is very high. Also the sensitivity analysis is a development of the method which gives a good basis for controlling the effects of uncertainties in available statistics and calculations.

1. Vad är LCA?

Den totala miljöpåverkan av varor har fått allt större uppmärksamhet under senare år. Användningen och den slutliga hanteringen av varor när de blivit avfall kan i många fall orsaka betydligt större miljöstörningar än vad tillverkningen gör. I en del fall är uttaget av råvaror som krävs för tillverkningen, tillverkning av mellanprodukter och varan, transporter eller energiförbrukning de steg som svarar för de största miljöproblemen. Livscykelanalyser är ett verktyg för att kartlägga den potentiella miljöpåverkan i alla led i en produkts eller process liv från råvaruuttag, tillverkning och användning till den slutliga avfallshanteringen, det vill säga potentiell miljöpåverkan "från vaggan till graven".

LCA (eng. Life Cycle Assessments) är ett samlingsbegrepp för olika metoder att beskriva en varas totala potentiella miljöpåverkan. Den reella miljöpåverkan kan man inte uttala sig om. LCA är inte **en** metod och handlar egentligen inte om **en** vara. En livscykelanalys beskriver mycket sällan en enda varas miljöpåverkan. I stället jämför analysen i första hand olika alternativ, vilka kan vara olika varor, som uppfyller samma funktion. Det kan också handla om olika sätt att framställa eller slutligt hantera varan, d v s olika processer. Livscykelanalyser är framför allt användbara för att identifiera möjligheter till miljöförbättringar exempelvis i samband med utveckling av en ny produkt.

Under 90-talet har intresset för och användningen av livscykelanalyser tagit fart. Ett omfattande metodutvecklingsarbete har startats. Utvecklingen av LCA-metodik är på intet sätt klar, men det som finns räcker för att LCA skall vara ett kraftfullt verktyg för miljöförbättringar i flera sammanhang.

Styrkan med LCA är att den fungerar som ett sorteringsverktyg för att skilja mellan stort och smått. Den används också för att identifiera vilken miljöpåverkan som kan minskas. Det kan också handla om att identifiera vilket eller vilka steg i en livscykel som svarar för det huvudsakliga bidraget till en viss typ av miljöpåverkan. Detta utsorterade steg kan man sedan studera vidare t ex för att undersöka, förbättringsmöjligheter. LCA används speciellt vid produktutveckling men också i andra sammanhang, t ex vid upphandling och kontroll av miljöstatusen hos underleverantörer.

Man behöver inte inskränka sig till att analysera enbart sådant som redan finns. Man kan mycket väl simulera och utvärdera framtida möjliga förändringar. LCA används därför idag som underlag för både kortsiktiga och långsiktiga beslut.

2. Varför ska arbetsmiljö tas med i LCA?

LCA handlar idag nästan enbart om yttre miljö. I ett fåtal fall har man försökt utveckla metoder för arbetsmiljö inom LCA. IVL har t ex skissat grunden för en kvantitativ metod med vissa semikvantitativa inslag för att kunna inkludera arbetsmiljö i LCA (1, 2). Det finns ett intresse för att integrera arbetsmiljö i LCA och utveckla metoder som kan användas för detta syfte. Det har bl a lett till att en internationellt sammansatt grupp har bildats inom SETAC, Society for Environmental Toxicology and Chemistry. SETAC har varit drivande när det gäller utveckling av LCA och en plattform för det internationella samarbete som varit nödvändigt för att diskutera erfarenheterna av allt det arbete som drivits i många olika länder och skapa en gemensam syn på vissa grundläggande frågor när det gäller LCA-metodik.

De motiv som förs fram för att integrera arbetsmiljö i LCA (i fortsättningen kallad WELCA, working environment LCA) har diskuterats dels vid ett möte i Köpenhamn, i oktober 1996 (3), dels vid möten med SETACs arbetsmiljö-LCA-grupp. Diskussionerna kan sammanfattas i följande punkter;

- WELCA är en möjlig del av en LCA och kan ingå i de fall då målsättningen för LCA motiverar att arbetsmiljöaspekterna tas med. Arbetsmiljö behöver således inte alltid ingå i LCA.
- WELCA kan tas med i en LCA för att
 - * det är viktigt att ta hänsyn till arbetsmiljön i ett tidigt skede i processutveckling etc så att den yttre miljön inte förbättras på arbetsmiljöns bekostnad.
 - * många åtgärder som utvecklas på basis av en LCA innebär att man väljer andra produktionsprocesser, råvaror etc. Dessa processintegrerade åtgärder, ofta sammanfattade i begreppet "renare produktion" påverkar arbetsmiljön mycket mer än traditionella miljöåtgärder i form av t ex reningsutrustning för luft- och vattenutsläpp s.k. end-of-pipe-åtgärder. Det har därför blivit viktigare att arbeta med en helhetssyn på dessa förändringar, så att även arbetsmiljö inkluderas.
 - * i en LCA ingår också hälsoeffekter på människor p g a exponeringen i den yttre miljön. I många fall torde hälsoeffekterna p g a arbetsmiljön vara väl så stora och det är därför motiverat att också ta hänsyn till arbetsmiljön.

När man diskuterar LCA och WELCA måste man vara medveten om att LCA inte är en enda metod. Det finns ett ramverk för LCA i ISO-standarden (4), men det finns stora möjligheter att variera innehållet i och utformningen av en LCA. Två viktiga delar av en LCA är det första steget enligt ISO-standarden, att ange målet för LCA och göra avgränsningar. Beroende på målet kan det vara mer eller mindre intressant att ta med arbetsmiljö i LCA. Även när det gäller avgränsningar kan man diskutera om arbetsmiljö ska ingå eller ej.

3. Vad säger en arbetsmiljö-LCA.

För den som arbetar med arbetsmiljö kan det verka frestande att se arbetsmiljöeffekterna i ett livscykelperspektiv. När man börjar fördjupa sig i WELCA, upptäcker man dock snart att det livscykelperspektiv som finns i en LCA också innehåller andra komponenter som inte är vanliga (inte förekommer alls) i normala arbetsmiljösammanhang.

Resultatet av en LCA anges alltid i relation till en funktionell enhet, t ex 1 m² målad yta med en livslängd på 10 år eller 1 ton transporterat 1 km. Det innebär att även arbetsmiljön ska relateras till samma funktionella enhet. WELCA ska alltså ange potentiell påverkan i relation till någon form av produktionsvolym. WELCA skulle t ex kunna innehålla antal olyckor per målad yta eller hörselskador per tonkm.

En konsekvens av detta synsätt är att det i en WELCA inte är de högsta exponeringarna och riskerna som är i fokus utan de delar av livscykeln som ger upphov till störst antal negativa effekter på dem som arbetar. De delar av livscykeln som kräver stora arbetsinsatser / mycket personal men som innebär små risker kan på det sättet få ett större genomslag i en WELCA än mycket farliga arbeten som endast utförs i begränsad omfattning, dvs utgör en mycket liten del av livscykeln.

Ett sätt att ändå fokusera på överrisker, är att införa en normalisering i LCA:n. Normalisering innebär t ex att man jämför mot något slags genomsnitt eller någon form av totalmängd, för att få perspektiv på de värden som erhålls i en LCA. I avsnitt 6.2.3 beskrivs vilka metoder för normalisering som vi använt i den kvantitativa metod som vi utvecklat inom IVL.

WELCA, vare sig man arbetar med normalisering av sina värden eller ej, kan inte användas för att identifiera de mest riskfyllda momenten / högsta exponeringarna i en livscykel. Vill man identifiera dessa moment / exponeringar, måste man använda sig av andra metoder än WELCA.

4. Vad säger ISO-standarden om LCA?

I den standard för LCA som getts ut av ISO (4) anges ramarna och principerna för livscykelanalyser. I standarden finns några begrepp och påpekanden som är av speciell vikt. Några av dessa begrepp och påpekanden kommenteras nedan.

* LCA gäller för produkter och med produkter menas inte bara varor utan även produktionssystem (processer) och servicesystem (tjänster)

* LCA används för att analysera potentiell miljöpåverkan. Man kan inte uttala sig om reell miljöpåverkan. Utgående från kunskap om emissioner eller för arbetsmiljöns del

exponeringar eller tidigare erfarenheter av effekter kan man göra teoretiska förutsägelser och uppskattningar av den potentiella påverkan.

* I LCA:n görs en inventering av relevanta in- och utflöden till och från produktions-systemen. I arbetsmiljösammanhang är inflödet i första hand arbetskraften medan utflödet är exponeringar eller arbetsskador som är den påverkan som är viktigast i arbetsmiljön. Därefter görs en utvärdering av den potentiella påverkan av dessa in- och utflöden. I arbetsmiljösammanhang utvärderas då exponeringen eller tidigare erfarenheter av arbetsskador. Därefter tolkar man resultaten.

* Det fastslås i standarden att LCA gäller produktens livscykel, d v s från vaggan till graven. De övergripande miljöpåverkanskategorierna innefattar bl a hälsa, vilket gör det motiverat att i vissa sammanhang inkludera arbetsmiljö.

* Det påpekas att LCA fortfarande är under utveckling och för att LCA ska bli ett bra och användbart verktyg krävs att LCA är "tekniskt trovärdigt", d v s ger tillförlitliga resultat samtidigt som LCA ska vara flexibelt, praktiskt och kostnadseffektivt när det används.

När det gäller kraven enligt standarden på att LCA ska vara praktiskt och kostnads-effektivt, gäller detta naturligtvis också för arbetsmiljön. Vi har tolkat detta så att WELCA inte får innehålla alltför många aspekter på arbetsmiljön utan ska fokusera på de allvarligaste effekterna. Exponeringar väl under gällande gränsvärde och exponeringar som inte kan antas leda till sjukdom ingår därför ej i WELCA. Besvär, t ex diffusa symptom, lätt huvudvärk, trötthet etc leder normalt inte till sjukfrånvaro och klassas normalt sett inte som arbetsskador och ingår därför inte heller i den metod vi utvecklat. Det är svårt att motivera att sådana exponeringar / besvär ska ingå i en LCA eftersom den då blir mer komplicerad och mindre praktisk att arbeta med. Var gränserna dras kan diskuteras och olika forskargrupper har valt olika gränser.

Att WELCA ska vara kostnadseffektivt innebär inte att den alltid måste vara billig att göra, utan att kostnaderna ska stå i relation till nyttan. Eftersom WELCA är en del som kan läggas till LCA, är det sannolikt så att kostnaderna (d v s tiden) för att ta fram WELCA-data inte får bli för höga.

5. Olika typer av WELCA-metoder

Det finns idag ett antal olika WELCA-metoder som utvecklats olika långt. En översikt över dem ges i en dansk rapport (5). Där görs också en kritisk granskning av de olika metoderna.

Kortfattat kan man säga att de olika WELCA-metoderna kan delas in i tre grupper;

- Screeningmetoder - Metoderna är normalt kvalitativa och ger mycket översiktliga bedömningar. De har hittills framför allt använts till att identifiera kemiska risker. Metoderna baseras på få data. Med screeningmetoderna är det inte möjligt att aggregera påverkan under produktens eller processens hela livscykel. Screeningmetoderna kan användas i ett tidigt skede i en processutveckling för att uppskatta om ändringarna i processen kan tänkas ge oönskade effekter vad gäller kemikalierna i arbetsmiljön. Screeningmetoderna kan även användas som en förstudie för att peka ut kritiska processer som bör tas med i en mer detaljerad LCA-studie.
- Processmetoder - Metoderna ger detaljerad information om arbetsmiljöpåverkan från en specifik process. Resultaten från flera processer i en livscykel kan summeras. Hittills har två processmetoder utvecklats och testats. Den ena, UMIP-metoden, har utvecklats i Danmark som en del i EDIP-programmet (the Environmental Design of Industrial Product programme). Den andra ;WEST, har utvecklats av IVF.
- Branschmetoder - Metoderna bygger på användning av arbetsskadestatistik från branscher eller företag. Beräkningar görs av hur många arbetsskador som kan relateras till en viss vara eller process. Metoderna kan kombineras med processmetoder för att och fylla ut dataluckor för delar av livscykeln. Den branschmetod som utvecklats inom IVL samt dess för- och nackdelar, diskuteras utförligt nedan, liksom resultatet av en fallstudie.

Processmetoderna och branschmetoderna kan vara både kvantitativa och kvalitativa. De tre metoder som idag utvecklas vidare, UMIP-metoden, WEST och IVLs branschmetod är samtliga kvantitativa. IVLs branschmetod innehåller också en kvalitativ del när det gäller cancer och reproduktionsstörningar. En LCA är normalt sett kvantitativ, eftersom man oftast vill jämföra två alternativ och det är enklare att göra utifrån en kvantitativ LCA. Det är därför bra om även WELCA är kvantitativ. Kvalitativa LCA förekommer dock och kan fylla en funktion i vissa sammanhang.

Processmetoderna är inriktade på att bedöma arbetsmiljön vid de processer som ingår i livscykeln. Det innebär att man utvärderar arbetsmiljön genom att bedöma exponeringen för olika arbetsmiljöfaktorer, t ex buller, luftföroreningar, besvärliga arbetsställningar etc. Därefter gör man en omräkning baserad på tidsåtgången för olika moment i livscykeln samt ett dos-responssamband. Resultatet relateras till den funktionella enheten för att få fram ett mått på potentiell påverkan.

De olika metoderna har olika för- och nackdelar. Processmetodernas fördelar är t ex

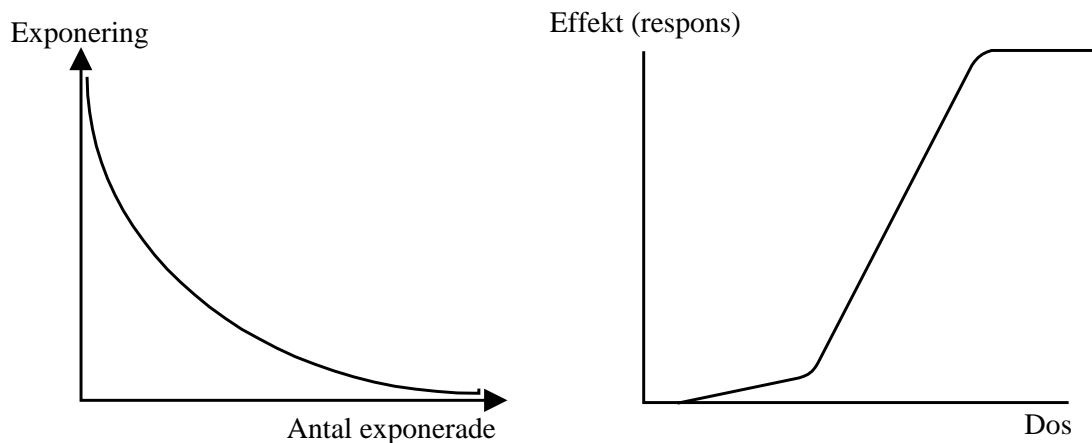
* metoderna gör det möjligt att skilja mellan olika produkt- eller processalternativ inom samma bransch, vilket är en stor fördel. Ofta handlar LCA om att välja mellan två närliggande alternativ som båda tillverkas /används inom samma bransch. I dessa fall kan processmetoder vara enda möjligheten att få fram data för en WELCA.

* processmetoderna ger data som specifikt handlar om mycket avgränsade delar av livscykeln och som de facto gäller för den aktuella delen. Processmetoderna ger på det sättet ett bra underlag när man står inför val mellan olika processer.

Processmetoderna innehåller dock osäkerheter och vissa metodologiska problem, nedan beskriv dessa:

* i både UMIP- och WEST-metoderna används tidsåtgången per arbetsmoment / process relaterat till funktionell enhet för att väga samman flera olika processer. Den tidsåtgång som används är dock tidsåtgången för kärnprocessen, t ex ett visst moment vid ett löpande band. Alla som inte arbetar direkt med kärnprocessen, t ex reparatörer, arbetsledare och personal som arbetar nära processen utan att själv delta i den men som ändå exponeras för buller och kemikalier från processen, tar man inte hänsyn till i dessa processmetoder. Denna avgränsning rimmar illa med LCAs betoning på att återspegla hela livscykeln.

- processmetoderna bygger på mätning eller bedömning av exponeringen. Det innebär att man får fram ett värde på exponeringen för den person som arbetar med kärnprocessen. Detta värde kan antingen vara ett stickprov eller någon form av medelvärde. Från epidemiologin är det välkänt att ett enda värde är ett dåligt mått för att beskriva exponeringen vid en process. Figur 1 kan illustrera hur verkligheten ser ut.



Figur 1. Exponeringen kan variera kraftigt vid en arbetsplats. Ofta är exponeringen för kemiska ämnen log-normalfördelad, vilket innebär att det förekommer stora variationer runt ett medelvärde, vilket illustreras av den första grafen. Den andra grafen visar ett dos-respons-samband. Exponeringen för ett visst ämne ger upphov till en viss effekt, men sambandet är långt ifrån linjärt. För att kunna bedöma effekten eller snarare risken för effekt, måste man också känna till individens exponeringstid för det aktuella ämnet.

När man använder sig av processmetoder för WELCA, baseras beräkningarna på någon form av exponeringsmått. För att få fram ett bra "medelvärde" krävs omfattande mätningar, vilket man sällan har tillgång till. Det innebär att exponeringsbedömningen innehåller stora osäkerheter. Läger man till att dos-responssamband sällan är speciellt väl kända, inser man att WELCA-metoder som bygger på exponeringsbedömningar kan ge resultat med mycket stora osäkerheter. Det är inget argument som innebär att processmetoder inom WELCA inte kan användas, utan snarare ett motiv för att inte betrakta de siffror som erhålls som en absolut sanning. Alla LCA-metoder innehåller osäkerheter och ibland stora osäkerheter.

* processmetoderna är ofta tidskrävande och innebär att en expert ska bedöma exponeringen vid varje processdel som ingår i livscykeln. Det innebär att besök måste göras vid flera olika företag av en arbetsmiljöexpert. I praktiken har det visat sig att de WELCA-studier som hittills gjorts med processmetoder ofta har fokuserats på ett enda eller ett litet antal företag och granskat de olika processerna inom det eller de företagen i detalj.

* processmetoderna har svårt att ta hänsyn till mer perifera delar av livscykeln, eftersom dessa delar inte alltid är möjligt att besöka. De innebär att det breda angreppssätt, från vaggan till graven, som ska vara karaktäristiskt för LCA ofta är svårt att hitta när processmetoder används för WELCA.

6. Test av IVLs branschmetod

6.1 Val av fall för test av WELCA

En fallstudie har utförts för att testa den WELCA-metod som tagits fram på IVL. På IVL har tidigare ett antal yttre miljö LCA studier utförts. Bland dessa studier valdes ett fall. Genom att välja bland redan utförda studier sparades en hel del arbete vad gäller att definiera systemgränser och funktionella enheter. En stor del av de data som tagits fram för yttre miljö LCA kunde dessutom användas.

Det är inte självklart att en WELCA ska ha samma systemgränser som en LCA för yttre miljö. Delar som valts ligga utanför en definierad systemgräns i en LCA kan i vissa fall ha en stor betydelse vad gäller WELCA och vice versa. I vår fallstudie har vi dock valt att följa de redan uppsatta gränserna.

Det fall vi valt är;

- Livscykelanalys av etanol ur sorterat hushållsavfall med starksyrahydrolysis jämfört med miljödiesel för drift av bussar (6).

I detta fall jämförs två alternativ som är olika när det gäller stora delar av livscykeln. Det innebär att detta fall borde passa speciellt bra för WELCA enligt en branschmetod. I ett fall där alternativen är mycket lika och där det till stor del endast är processerna som skiljer sig åt passar eventuellt inte en branschmetod lika bra. Studier av sådana fall återstår dock att göra. En utförligare beskrivning av bakgrunden till studien som valts finns i den rapport som givits ut av IVL (6), en sammanfattning av studien presenteras i bilaga 1.

6.2 Utförande

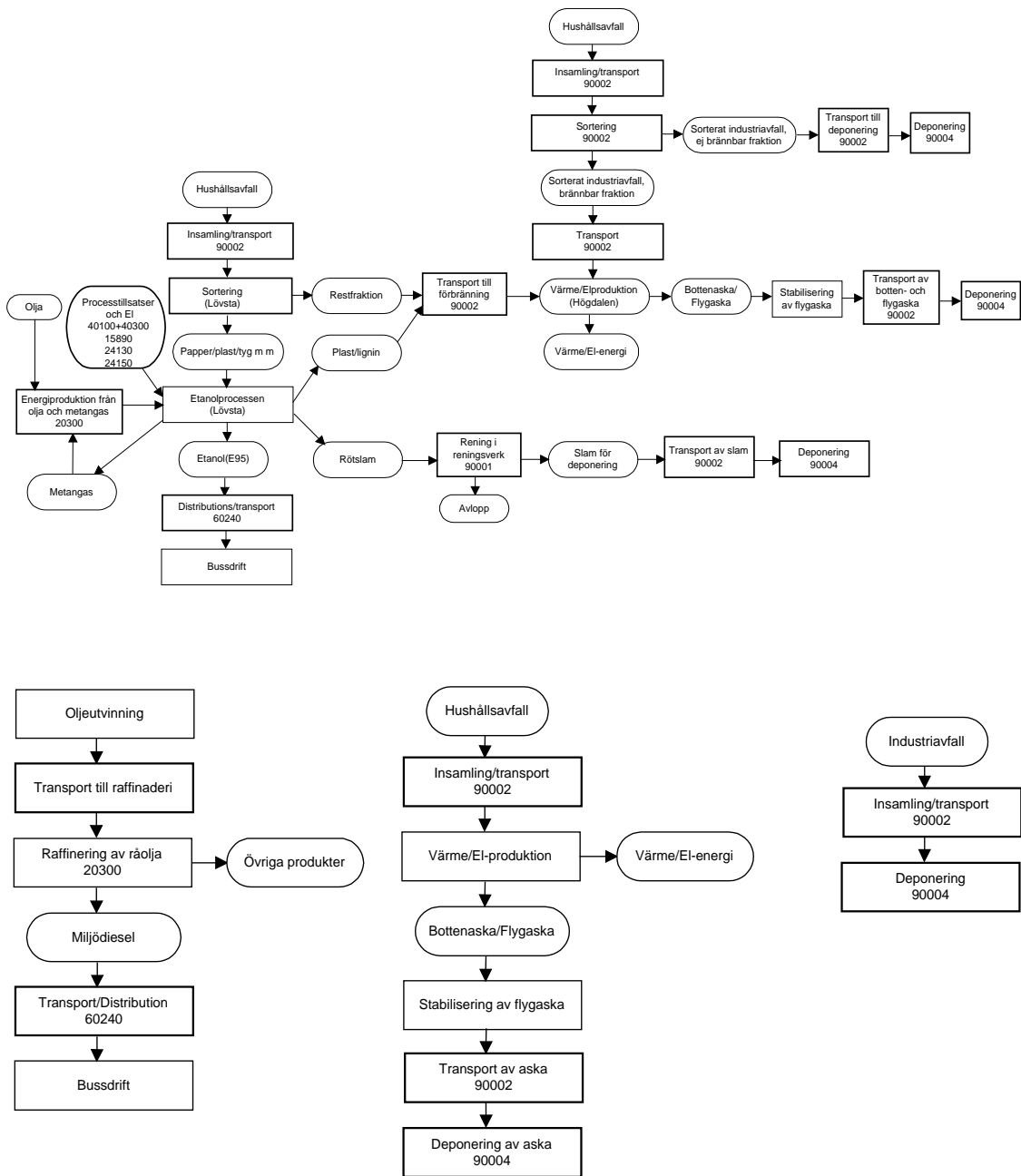
6.2.1 Inventering

De livscykler som studerats visas i figur 2. I figurerna anges också för vilka delar det ej varit möjligt att få fram data (fyrkantiga rutor markerade med fet ram).

Av figur 2 framgår att det saknas data för delar av livscyklerna. Vissa av dessa delar har medvetet uteslutits. Det gäller t ex "Busskörning" där dessa delar är lika i de två livscyklerna. Busskörning har därför uteslutits. Stabilisering av flygaska finns också med i båda livscyklerna men mängderna är inte lika, varför denna del borde ingå i WELCAN. Det har dock varit omöjligt att få fram data om denna del av livscykeln och om de kemikalier (stabilisatorer) som används. Oljeutvinning görs ej i Sverige och data för denna del samt transport till raffinaderi har därför ej tagits med. Den typ av etanolprocess som ingår i livscykeln görs idag i Sverige vid avfallsdeponier i liten skala (ev bara pilotförsök). Tillförlitliga data för denna del har därför bedömts vara omöjliga att få fram.

Data för arbetsskadestatistik samt produktionsdata har samlats in för de delar av livscykeln där sådana data varit möjliga att finna. I bilaga 2 redovisas detaljer om hur datainsamlingen gjorts, vilka källor som använts och något om de brister som finns i statistiken. I bilaga 3 redovisas data från datainsamlingen samt beräkningar av arbetsskador i olika delar av livscykeln. Arbetsskadestatistiken har samlats in för följande effektkategorier;

- arbetsrelaterade dödsfall (enbart beroende på olyckor)
- förlorade arbetsdagar (sjukdagar) beroende på arbetsskada
- hörselskador
- allergier och eksem



Figur 2. Livscyklar för de två alternativen, etanol resp diesel som drivmedel för bussar. De fyrkantiga rutorna anges aktiviteter som bör ingå i LCA:n. Rundade rutor anger råvaror och produkter som blir resultatet av de olika aktiviteterna. De delar av livscyklerna (fyrkantiga rutor) som markerats med fet ram ingår i den WELCA som gjorts. I dessa rutor står siffror som anger vilken SNI-kod dessa aktiviteter ingår i. För övriga delar har det varit svårt / omöjligt att få fram data.

I den ursprungliga metodbeskrivningen för vår WELCA-metod (1, 2), fanns ytterligare tre kategorier med;

förlorade arbetsdagar över normalt (d v s över genomsnittet i landet)
 cancer
 reproduktionsstörningar

Dessa tre kategorier har av praktiska skäl uteslutits i den test som genomförts. Förlorade arbetsdagar över normalt går idag inte att få fram på branschnivå, eftersom sådan statistik inte existerar. På företagsnivå är det dock möjligt att få fram information. Vi har dock ej gått in på företagsnivå i vår fallstudie. Cancer och reproduktion är semikvantitativa kategorier, som är möjligt att inkludera, men där data inte harmonierar med data från de kvantitativa kategorierna. Vi har därför valt att utesluta dessa kategorier i denna fallstudie.

6.2.2 Allokering

Statistiken från ISA beskriver hur många arbetssjukdomar och -olyckor som inträffar inom olika branscher. Branscherna delas in i sk SNI-koder. Inom en SNI-kod kan produktion av flera produkter ske, t ex inom SNI 24130 tillverkas en mängd kemikalier som saltsyra, fosforsyra, svavelsyra, natriumhydroxid m fl. I livscykelanalysen måste arbetsskador i branschen fördelas, allokeras, på de olika produkterna / aktiviteterna och speciellt den produkt / aktivitet som ingår i livscykeln. Nedan beskrivs hur allokeringen gjorts i vår fallstudie.

1) Allokering av arbetsskadorna till den aktuella produkten, kan göras enligt två olika metoder när man utgår från branschstatistik och inte har möjlighet att göra en "rättvis" fördelning på de olika produkterna. Antingen används mängd producerade produkter totalt (t ex ton av alla olika kemikalier, se nedan) eller också används värdet av alla producerade kemikalier. Vi har valt att använda värdet, eftersom värdet av produkter ofta är relaterat till den tid det tar eller den arbetsinsats som krävs att tillverka produkten och man kan anta att fler arbetsskador inträffar i produktionen av en mer tidskrävande eller arbetsintensiv produkt.

Beräkningen av antalet arbetsskador totalt för en produkt i en SNI-kod har därför gjorts enligt följande formel

$$V_{(\text{prod,SNI})} / V_{(\text{tot,SNI})} * N_{\text{AS}}$$

där $V_{(\text{prod,SNI})}$ är det totala värdet av den aktuella produkten,
 och $V_{(\text{tot,SNI})}$ är det totala värdet för allt som produceras inom SNI-koden
 och N_{AS} är den totala mängden arbetsskador inom SNI-koden.

2) Beräkning av antalet arbetsskador i respektive del av livscykeln har gjorts genom att beräkna hur stor andel av den totalt producerade mängden ($M_{(prod,SNI)}$) som används för den aktuella produkten (M_{prod}). Denna andel av arbetsskadorna hänförs till livscykeln som studeras.

När man multiplicerar dessa två ekvationer med varandra, erhålls ett antal arbetsskador som kan relateras till en viss del av den aktuella livscykeln, $N_{prod,AS}$.

$$N_{prod,AS} = M_{prod} / M_{(prod,SNI)} * (V_{(prod,SNI)} / V_{(tot,SNI)} * N_{AS})$$

Allokeringen ovan baseras på värdet av tillverkade produkter inom SNI-koden. Att allokeras baserat på värdet, görs ofta inom LCA, speciellt i de fall då andra och mer tekniskt förnuftsmässiga allokeringmetoder saknas.

Om SNI-koden endast innehåller en produkt eller likartade produkter kan man tänka sig att allokera endast med avseende på mängden, d v s

$$N_{pr(AS,AO)} = M_{pr} / M_{(tot,SNI)} * N_{(AS,AO)}$$

Dataunderlaget för allokeringen när det gäller produktionsdata och arbetsskadestatistik finns i tabell 1 i bilaga 3.

6.2.3 Normalisering

Vid en normalisering relateras data från inventeringen till ett valt "normalvärde". På så sätt kan storleken på påverkan från arbetsmiljön jämföras t ex med genomsnittssiffror eller totala mängder. Normaliseringen gör det möjligt att upptäcka sk hot spots (delar av livscykeln som ger ett stort bidrag) och värdera vad som är stort resp. smått. Delar av livscykeln som inte bidrar i någon större utsträckning till den totala belastningen kan eventuellt uteslutas vilket minskar datamängden i LCA:n och förenklar arbetet. Normalisering görs beroende på hur och till vad LCA:n är tänkt att användas.

En fördel med normalisering är att en bransch med liten risk för skador men som utgör en stor del av livscykeln och därmed kan ge ett stort bidrag till slutresultatet, enkelt kan identifieras och om så önskas uteslutas ur den fortsatta analysen.

Vi har valt att i vår studie normalisera data på två olika sätt. Utfallet av normaliseringen beror på hur man väljer normalvärden. Vi har valt att normalisera data i vår WELCA mot två olika normalvärden.

- medeltalet för samtliga branscher i Sverige (norm 1) eller
- medeltalet för ett antal utvalda branscher (norm 2).

I norm 2 ingår de branscher som kan ingå i en LCA, d v s tillverkande branscher samt energiproduktion och transporter. Branscher som knappast ingår i LCA-studier och som mer handlar om en samhällelig infrastruktur i form av handel, finansiell verksamhet, utbildning, sjukvård mm. har uteslutits, se tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av vilka branscher som ingår resp. inte ingår i normalisering enligt norm 2.

Branscher som ingår i referensdata		Branscher som <u>ej</u> ingår i referensdata	
SNI-kod		SNI-kod	
01, 02, 05	Jordbruk, jakt, skogsbruk och fiske	50-52, 64	Handel, post och telekommunikation
10-37	Tillverkning och utvinning	65-72, 74	Finansiell verksamhet och företagstjänster
40, 41, 90	Energiproduktion, vattenförsörjning och avfallshantering	73, 80	Utbildning och forskning
45	Byggnadsindustri	85	Vård och omsorg
60-63	Transport, magasinering, kommunikation	55, 91-95	Personliga och kulturella tjänster
		75, 99	Civila myndigheter, försvaret, internationella organisationer

Beroende på vilken av normaliseringarna som väljs, erhålls olika resultat. I tabell 2 visas medelvärdet för de fyra effektkategorierna per 1000 anställda beräknat som medelvärde för åren 1994-96. Som synes är arbetsskadorna fler i de tillverkande branscherna än genomsnittet för Sverige, vilket är vad som kan förväntas.

Tabell 2. Medelvärden för arbetsskador per 1000 anställda i de fyra effektkategorierna. Data anges för alla branscher i Sverige samt för ett urval, enligt norm 1 och norm 2 ovan.

	Samtliga branscher (enligt norm 1)	Urval av branscher (enligt norm 2)
dödsfall/1000 arbetstagare	0,018	0,064
bullerskador/1000 arbetstagare	0,33	0,57
allergi och eksem/1000 arbetstagare	0,27	0,39
förlorade arbetsdagar p.g.a. arbetsjukdomsfall eller olycksfall/1000 arbetstagare	516	812

Normaliseringen har gjorts på två sätt:

- Medelvärden enligt norm 1 och norm 2 har använts för att beräkna hur många arbetsskador som skulle inträffat i livscykelns olika delar, om branscherna som ingår i livscykeln skulle legat på de värden som anges av norm 1 och norm 2 när det gäller arbetsskador. I ett diagram (figur 3) har ritats in

* hur många arbetsskador i de fyra effektkategorierna som beräknats utgående från arbetsskadestatistik för resp del av livscykeln.

* I samma diagram anges också motsvarande data beräknade enligt norm 1 och norm 2.

Med utgångspunkt i diagrammen är det lätt att identifiera vilka delar av livscykeln som har fler arbetsskador än norm 1 resp. norm 2 i någon av effektkategorierna och vilka delar som har färre arbetsskador.

- Den andra metoden innebär att vi i ett första steg subtraherar antalet arbetsskador / 1000 arbetstagare enligt norm 1 eller 2 från antalet arbetsskador för varje del som ingår i livscykeln. På detta sätt erhålls flera värden ≤ 0 . Samtliga dessa värden sätts till 0 och dessa delar av livscykeln / effektkategorier utesluts ur de fortsatta beräkningarna. Därefter summeras de nedräknade resultaten per effektkategori. På detta sätt sällar vi bort de branscher som ligger under medelvärdet för arbetsskador och utför beräkningarna på något som skulle kunna betecknas som överrisk för arbetsskador. Genom att göra en sådan här jämförelse skiljs smått och stort åt och endast sådana branscher som har skador och sjukdomar över medel tas med i beräkningarna.

Det finns olika sätt att göra normaliseringar och för- och nackdelar med olika metoder. De två metoder som beskrivs ovan är två möjliga sätt som kan användas var för sig eller parallellt.

I bilaga 3 redogörs i detalj för resultatet av de två normaliseringarna. I nästa avsnitt redovisas resultat från vår fallstudie, inklusive resultat av normaliseringen.

6.3 Resultat

Med vår metod är det möjligt att göra flera typer av resultatjämförelser. Dels är det möjligt att dra slutsatser vid jämförelse mellan de två alternativa livscyklerna dels är det möjligt att dra slutsatser om delar av varje livscykel.

Vad gäller jämförelse mellan de båda livscyklerna är den självklara frågan om någon produkts livscykel är bättre än den andra? Finns det någon signifikant skillnad mellan livscyklerna? Kan man med de dataluckor som finns överhuvudtaget jämföra och säga

någon ting om resultatet? Svar på dessa frågor kan man få först när flera fallstudier gjorts. Resultaten för denna fallstudie redovisas i avsnitt 6.3.1 nedan.

Är det möjligt att identifiera vilken effektkategori eller del av livscykeln som utgör det största problemet?

Gör man jämförelser inom livscykeln är det möjligt att peka ut vilken del resp vilken effektkategori som bidrar mest till slutresultatet. Detta gör det möjligt att identifiera var eventuella åtgärder bör sättas in.

Det är också av intresse att identifiera de delar av livscykeln som innebär en stor överrisk, vilket kan göras om man jämför med de normaliserade värdena.

6.3.1 Etanolproduktion jämfört med dieselproduktion

En jämförelse mellan de båda livscyklerna, se tabell 3, visar att det i detta fall inte med hjälp av WELCA resultatet går att avgöra vilken som är bäst ur arbetsmiljösynpunkt. Värdena i tabell 3 anges i relation till den funktionella enheten som i vår fallstudie är 10^7 km körda med buss.

Vid jämförelser av livscyklerna måste man komma ihåg att det finns dataluckor, se figur 2. Dessa luckor kan slå olika för de olika produktionerna. Vad gäller dieselproduktionen har t ex varken utvinning av olja eller transport av utvunnen olja till raffinaderi tagits med. I avsnitt 6.2.1 samt i bilaga 2 kan man läsa mer om begränsningar och databrister i systemet.

Tabell 3. Resultat av WELCA-fallstudien för etanol resp. diesel som drivmedel för körning av buss 10^7 km

	Etanolproduktion	Dieselproduktion
Hörselskador	0,113±0,039	0,098±0,034
Allergier och eksem	0,020±0,018	0,018±0,017
Dödsfall	0,0003±0,0003	0
Förlorade arbetsdagar	185±33	163±29

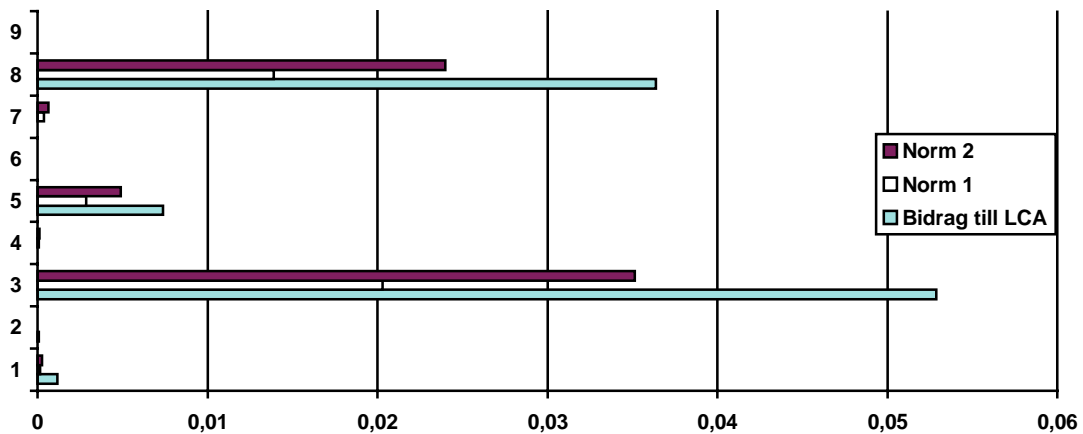
Det är möjligt att göra enkla överslagsberäkningar för att kontrollera betydelsen av dataluckor. Genom att för t ex oljeutvinning använda sig av medelantalet arbetsskador enligt norm 2 samt ta fram statistik från Norge om antalet anställda inom oljeutvinning och totalt producerad mängd olja, och kombinera detta med använd mängd i livscykeln, kan man få fram ett överslagsvärde för denna del av livscykeln. Om detta värde är mindre än 1 / 1000-del av värdet för hela LCA:n, borde denna del av livscykeln ge ett

försumbart värde, även om antalet skador skulle ligga betydligt över medelantalet enligt norm 2. Tyvärr har det inte funnits tid i projektet att göra denna typ av kontroll för de dataluckor som finns.

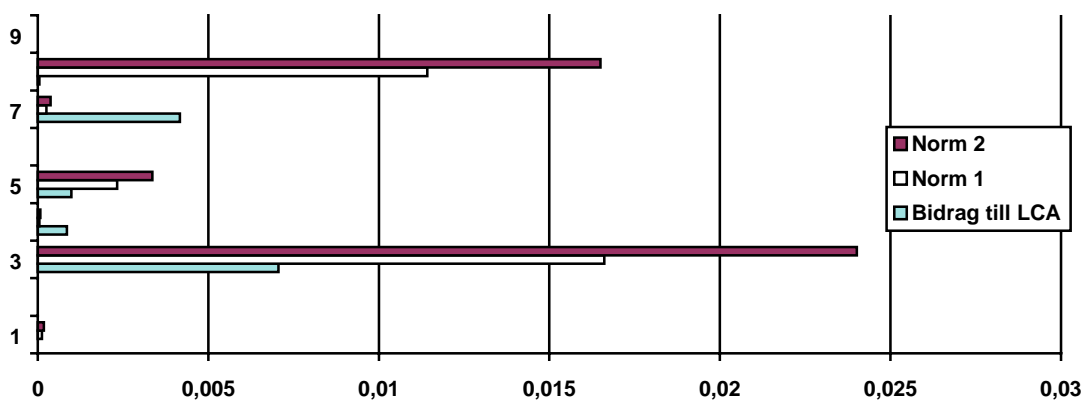
6.3.2 Resultat av normalisering

I figur 3 visas resultatet av normalisering enligt den första metoden som beskrivs ovan. Normaliseringen visas för varje del av livsryckeln. De fyra diagrammen visar resultaten från var och en av effektkategorierna.

Dieselproduktion - hörselskador

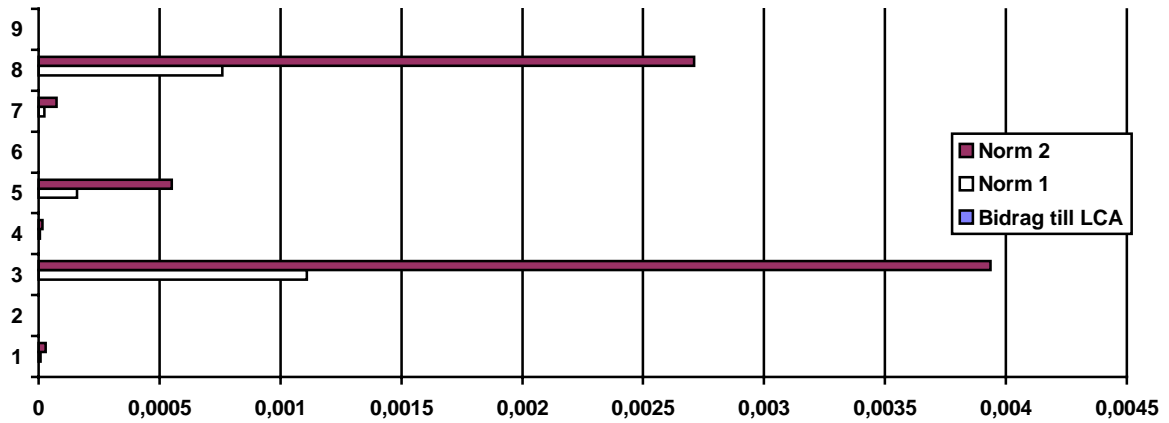


Dieselproduktion - allergi och eksem

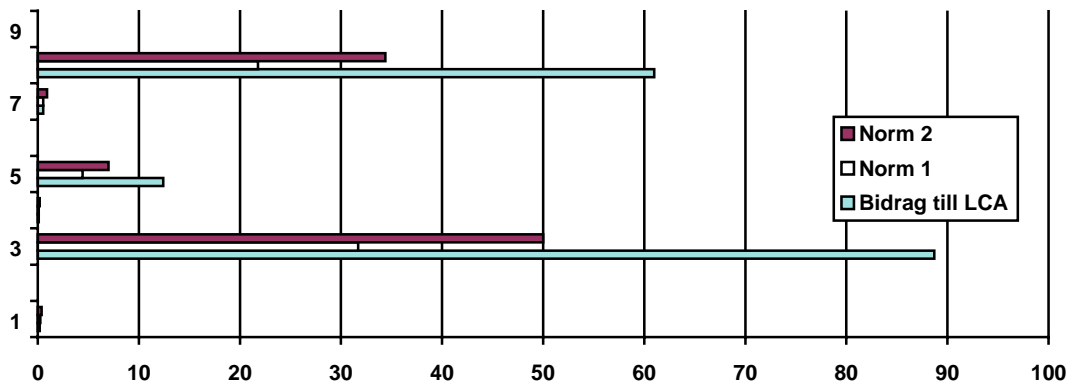


1 = Raffinering; 2 = Energi till produktionen; 3 = Insamling av hushållsavfall; 4 = Deponering av aska; 5 = Insamling av aska; 6 = Produktion av diesel; 7 = Deponering av industriavfall; 8 = Insamling av industriavfall; 9 = Produktion av diesel

Dieselproduktion - Dödsfall

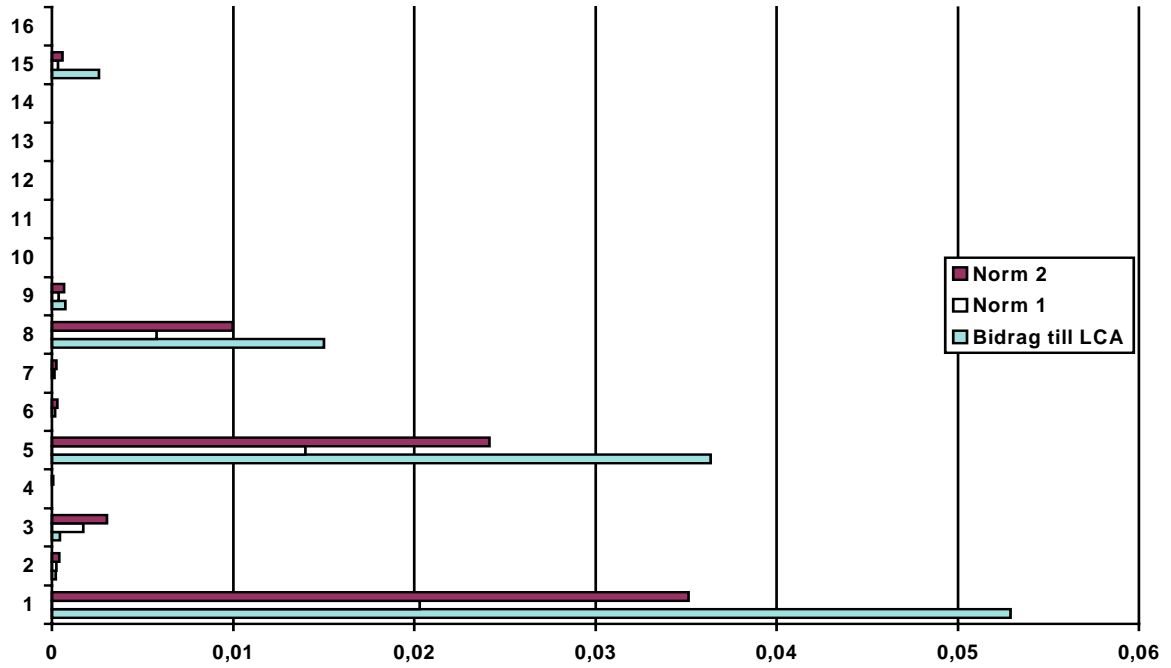


Dieselproduktion - Förlorade arbetsdagar

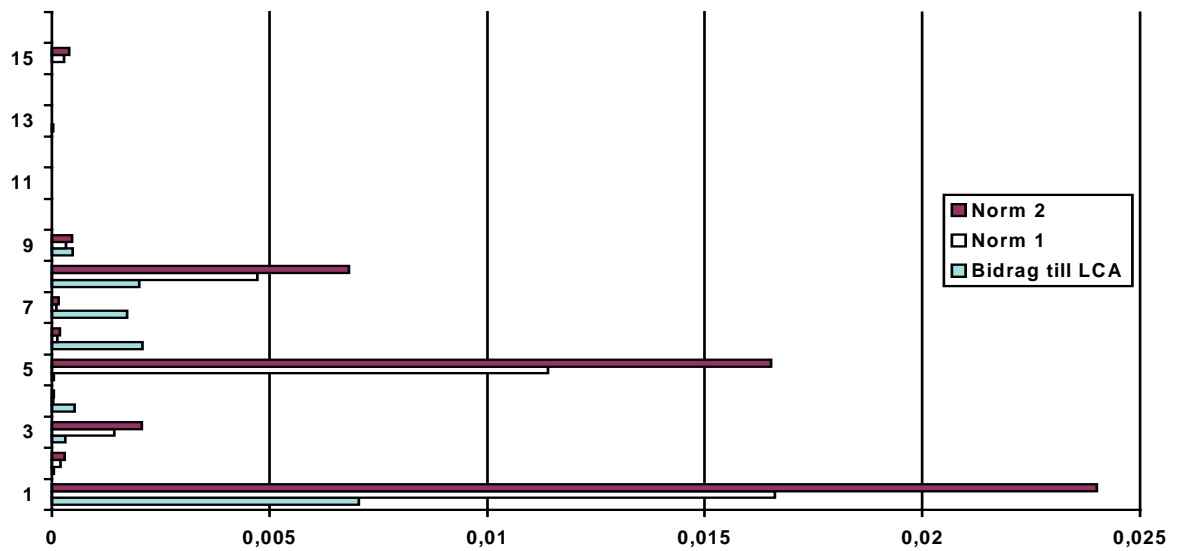


1 = Raffinering; 2 = Energi till produktionen; 3 = Insamling av hushållsavfall; 4 = Deponering av aska; 5 = Insamling av aska; 6 = Produktion av diesel; 7 = Deponering av industriavfall; 8 = Insamling av industriavfall; 9 = Produktion av diesel

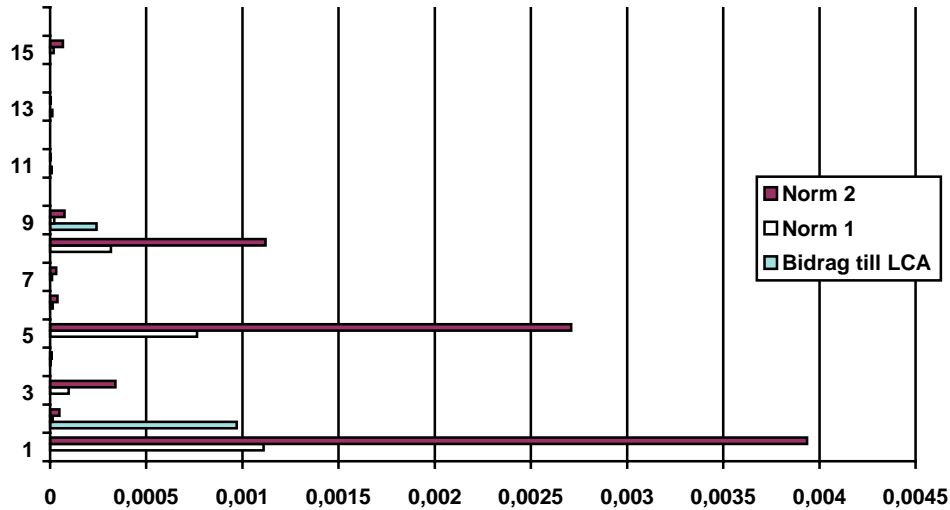
Etanolproduktion - Hörselskador



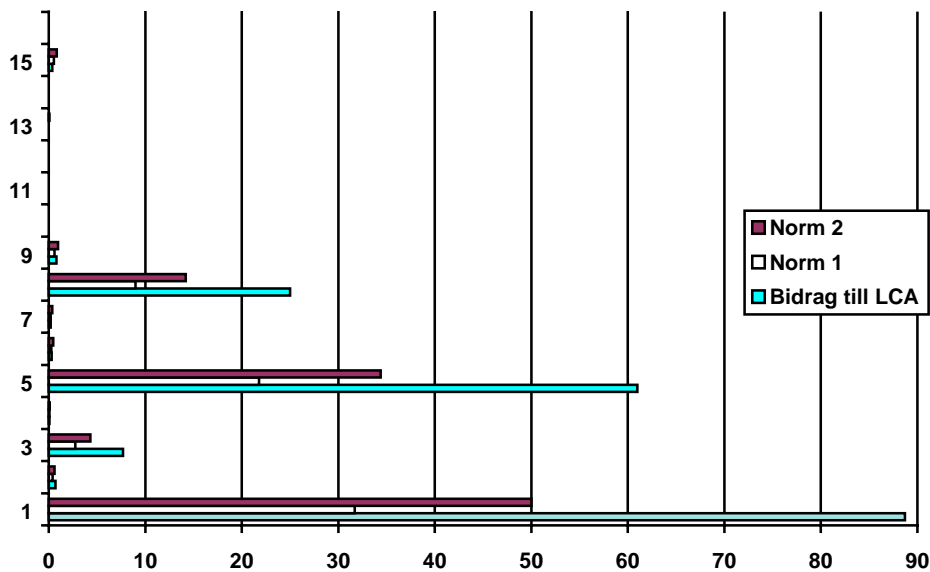
Etanolproduktion - Allergi och eksem



Etanolproduktion - Dödsfall



Etanolproduktion - Förlorade arbetsdagar



1 = Insamling av hushållsavfall; 2=Etanoltransport; 3=Insamling av slam; 4=Deponering av slam; 5=Insamling av industriavfall; 6=Deponering av industriavfall; 7=Deponering av aska; 8=Insamling av aska; 9=Produktion av saltsyra; 10=Produktion av ammoniak; 11=Produktion av fosforsyra; 12=Produktion av svavelsyra; 13=Produktion av natriumhydroxid; 14=Produktion av jäst; 15=Oljeförbrukning; 16=Elförbrukning.

Figur 3. Resultat av normalisering. Två "normalvärden" har använts, norm 1 och norm 2. Resultaten redovisas i ett diagram för var och en av effektkategorierna, dödsfall, förlorade arbetsdagar, hörselskador samt allergier och eksem.

Som framgår av figur 3 ligger arbetsskadorna för de fyra effektkategorierna, för varje del av livscykeln, oftast under medelvärdet för Sverige (norm 1) och även medelvärdet för de utvalda branscherna (norm 2). Detta innebär att de branscher som ingår i livscykeln inte är speciellt skadedrabbade jämfört med övriga Sverige. Deras stora bidrag i livscykeln beror mer på att dessa delar utgör "stora" delar av livscykeln. Det finns dock några undantag.

När det gäller dieselproduktion, visar normaliseringen att det finns en överrisk att drabbas av hörselskador samt förlorade arbetsdagar p g a arbetsskada för de delar av livscykeln som arbetar med insamling av hushållsavfall, industriavfall och aska. Även raffineri innebär en överrisk för hörselskador, även om bidraget totalt sett är litet. Det finns också en överrisk att drabbas av allergier och eksem vid deponering av industriavfall och aska.

Man kan fråga sig varför man löper risk att drabbas av hörselskador vid insamling av avfall. Det är dock inte säkert att hörselskadorna beror på insamlingsarbetet. I den aktuella SNI-koden ingår också sortering och omlastning av avfall. För att mer i detalj kartlägga om hörselskadorna beror på insamling eller andra arbetsmoment, krävs en noggrannare analys. När det gäller överrisken för allergier och eksem vid deponering av avfall, kan man i dataunderlaget konstatera att det handlar om ett enda fall för hela SNI-koden under en tre-årsperiod, som vid omräkning ligger klart över det normaliserade värdet, vilket bl a beror på att det är få anställda inom den SNI-kod som handlar om deponering. Med tanke på att ISA-statistiken innehåller anmälda men ej godkända arbetsskador och att det endast handlar om ett enda fall, kan man inte dra några slutsatser när det gäller allergier och eksem. Samma förhållande gäller för fler av de SNI-koder som använts - antalet arbetsskador är relativt litet. Genom att använda data från tre år, minskar osäkerheten något. Önskvärt vore dock att använda data för ännu fler år.

För etanolproduktion är resultatet likartat. Insamling av olika avfallsfraktioner bidrar till en överrisk för hörselskador och förlorade arbetsdagar. En överrisk för allergier och eksem finns i samband med deponering.

6.3.3 Känslighetsanalys

Med en känslighetsanalys är det möjligt att testa hur känsligt slutresultatet är för osäkerheter i data för resp effektkategori och del av livscykeln. Som torde framgå av beskrivningen av vår metod, finns det självklart stora osäkerheter i data. Känslighetsanalysen är ett sätt att kontrollera hur stor betydelse dessa osäkerheter har. Känslighetsanalysen ger därmed ett underlag för att bedöma hur tillförlitligt resultatet är och hur försiktig man ska vara när man drar slutsatser av resultatet.

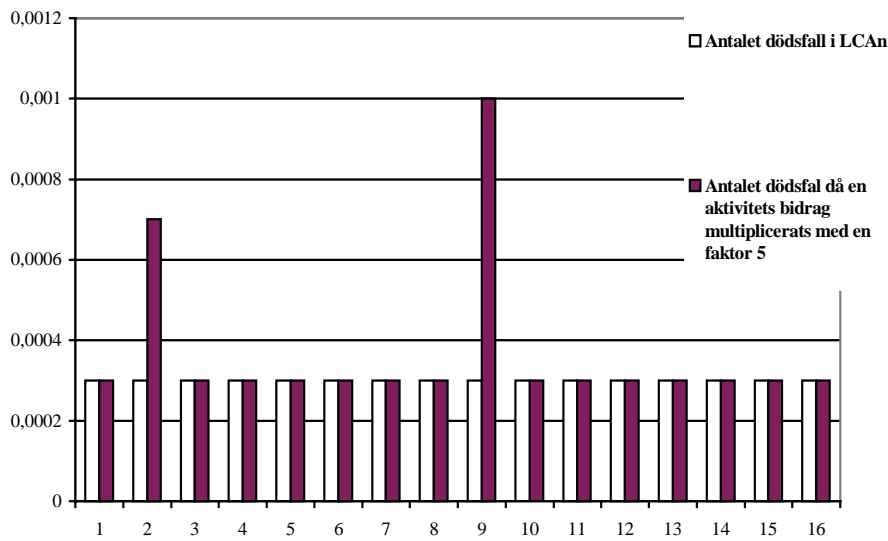
En första känslighetsanalys kan göras genom att jämföra slutresultatet för resp effekt-kategori de två alternativen och speciellt fokusera på standardavvikelse, som beräknats för de tre år för vilka arbetsskadestatistik tagits fram. I vår fallstudie överlappar medelvärdena +/- standardavvikelse varandra kraftigt, vilket innebär att det inte finns någon signifikant skillnad mellan de två alternativen. Vid denna jämförelse bör man beakta de dataluckor som finns, för att undvika att dra alltför långtgående slutsatser. Det finns statistiska metoder som kan användas för att kontrollera signifikansen i skillnader mellan medelvärden med sina standardavvikelse.

Det finns även behov av att kontrollera vilken betydelse osäkerheter i data har för olika delar av livscykel. Data för olika SNI-koder är allokerade för att svara mot olika delar av livscykel. Tidigare erfarenheter av svensk statistik visar att antalet arbetsskador och arbetssjukdomar / 1000 anställda för enskilda företag mycket sällan överstiger fem gånger medelvärdet för alla företag i Sverige (åtminstone inte när man räknar över en period på tre år eller mer och utesluter företag med mindre än 50 anställda). När det gäller statistik för en hel bransch, och inte för enskilda företag, är variationen sannolikt mindre. Däremot kan variationen i antalet arbetsskador vara större om man går in på delbranschnivå, t ex produktion av en viss kemikalie inom den SNI-kod som gäller tillverkning av kemikalier. Vi har valt att anta att variationen i arbetsskador inom en bransch inte är större än en faktor 5, vilket vi använt oss av i känslighetsanalysen.

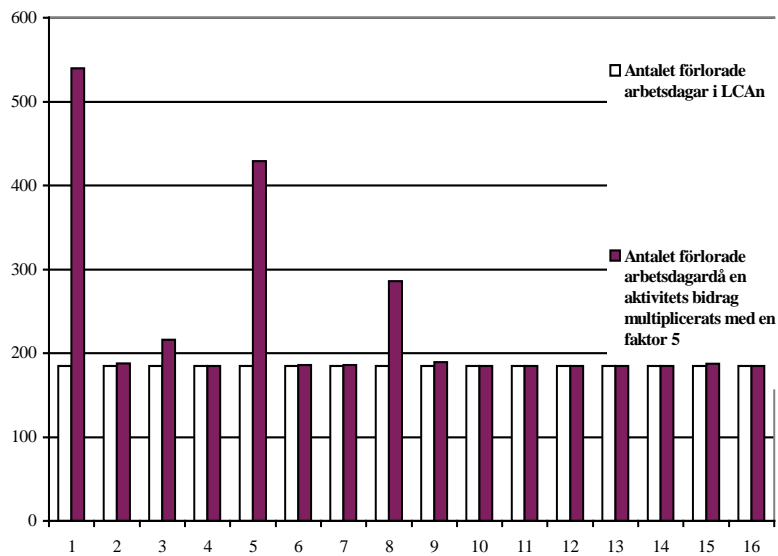
För att testa hur känsligt slutresultatet är för osäkerheter i ingående data, har vi för varje del i livscykel multiplicerat resultatet med en faktor 5. Detta har gjorts för en del i taget och effekterna på slutresultatet har kontrollerats. På detta sätt har vi kunnat identifiera om det finns delar av livscykel som vi på grund av brister i data kan ha undervärderat. Vi hade kunnat välja en större faktor för känslighetsanalysen, t ex 10. Det spelar inte så stor roll för resultatet av känslighetsanalysen. Resultatet visar vilka delar som kan påverkas, inte hur mycket de påverkas.

Resultatet av känslighetsanalysen visas i figur 4. För varje effektkategori visas dels slutresultatet för vår WELCA, dels för varje del av livscykel hur resultatet skulle påverkas om den delen varit en faktor 5 högre.

Etanolproduktion – dödsfall

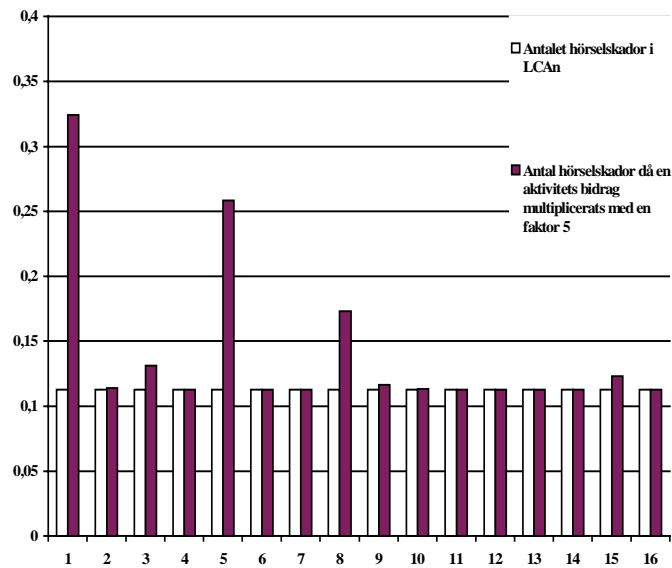


Etanolproduktion - förlorade arbetsdagar

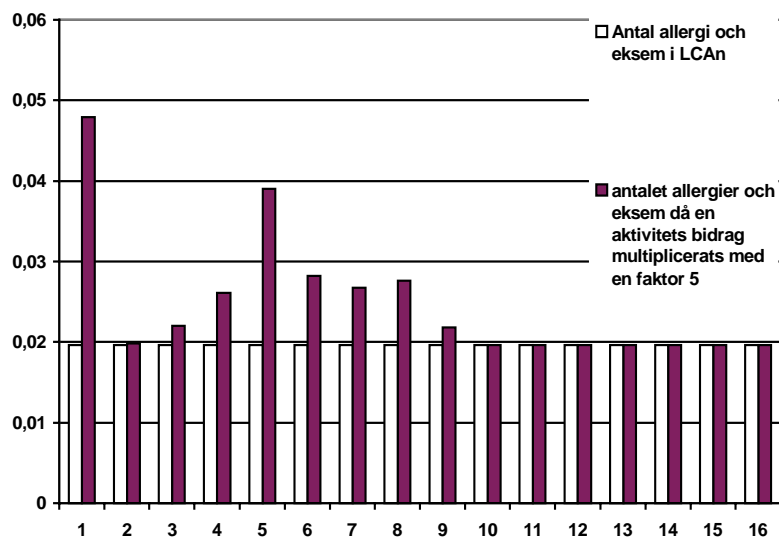


1 = Insamling av hushållsavfall; 2=Etanoltransport; 3=Insamling av slam; 4=Deponering av slam; 5=Insamling av industriavfall; 6=Deponering av industriavfall; 7=Deponering av aska; 8=Insamling av aska; 9=Produktion av saltsyra; 10=Produktion av ammoniak; 11=Produktion av fosforsyra; 12=Produktion av svavelsyra; 13=Produktion av natriumhydroxid; 14=Produktion av jäst; 15=Oljeförbrukning; 16=Elförbrukning.

Etanolproduktion - hörselskador

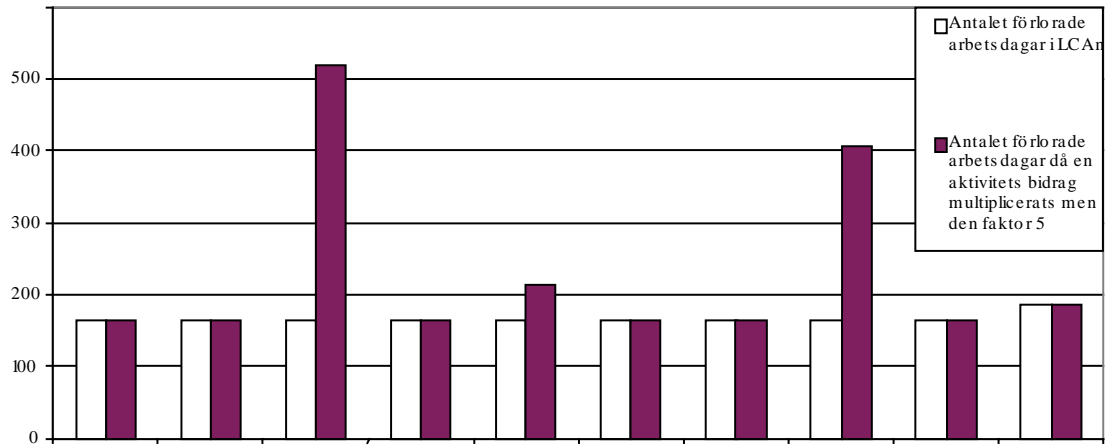


Etanolproduktion - allergi och eksem

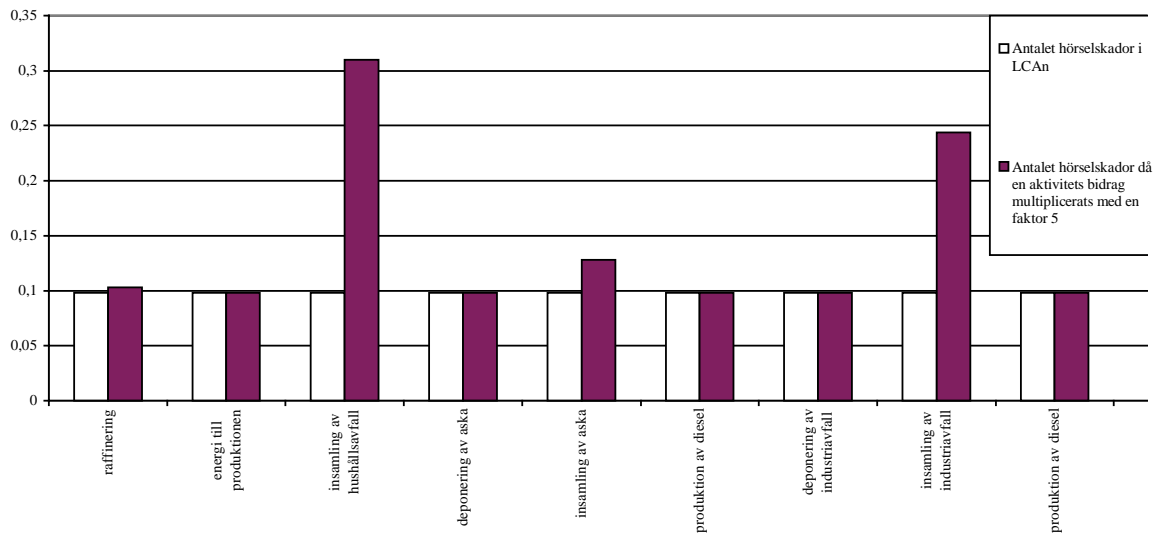


1 = Insamling av hushållsavfall; 2=Etanoltransport; 3=Insamling av slam; 4=Deponering av slam; 5=Insamling av industriavfall; 6=Deponering av industriavfall; 7=Deponering av aska; 8=Insamling av aska; 9=Produktion av saltsyra; 10=Produktion av ammoniak; 11=Produktion av fosforsyra; 12=Produktion av svavelsyra; 13=Produktion av natriumhydroxid; 14=Produktion av jäst; 15=Oljeförbrukning; 16=Elförbrukning.

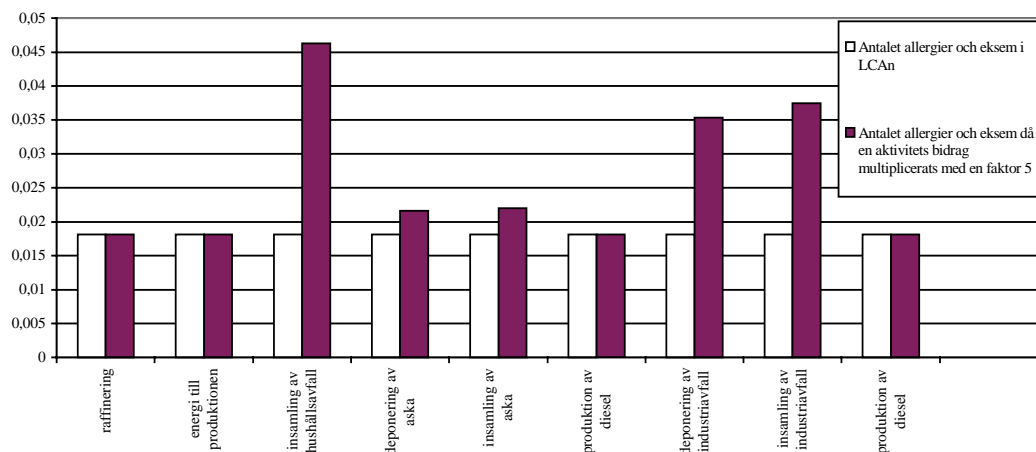
Dieselproduktion - förlorade arbetsdagar



Dieselproduktion - hörselskador



Dieselproduktion - allergier och eksem



Figur 4. Resultat av känslighetsanalys. För varje effektkategori visas dels slutresultatet för vår WELCA, dels för varje del av livscykeln hur resultatet skulle påverkats om den delen varit en faktor 5 högre.

Känslighetsanalysen visar att för de allra flesta delar av livscykeln ger inte en fem gånger högre arbetsskadestatistik någon nämnvärd påverkan på slutresultatet. Slutresultatet är i de flesta fall helt beroende av en eller ett par delar av livscykeln som ger de största bidragen. Vilka delar som påverkar mest varierar något beroende på effektkategori. I tabell 4 beskrivs vilka delar av livscykeln som är de dominerande för respektive effektkategori.

En fem gånger högre skade- eller sjukdomsstatistik har för de flesta aktiviteterna i livscykeln inte någon betydelse. Det finns dock några aktiviteter som påverkar resultatet mer. En fem gånger högre (eller lägre) skade- eller olycksstatistik för dessa aktiviteter skulle märkbart påverka slutresultatet. I vårt fall är de kritiska aktiviteterna insamling av olika typer av avfall (hushållsavfall, industriavfall, aska och slam, SNI 90002) och i viss mån även deponering av industriavfall och aska (SNI 90004).

Tabell 4. Sammanställning av vilka delar av livscyklerna som ger det största bidraget till slutresultatet.

	Etanolproduktion	Del av effekt-kategorin	Dieselproduktion	Del av effekt-kategorin
Hörselskador	Insamling av hushålls- avfall	47%	Insamling av hus- hållsavfall	54%
	Insamling av industri- avfall	32%		37%
	Insamling av aska	13%	Insamling av industriavfall	<i>Totalt: 91%</i>
		<i>Totalt: 93%</i>		
Allergier och eksem	Insamling av hushålls- avfall	36%	Insamling av hus- hållsavfall	39%
	Insamling av industri- avfall	25%	Insamling av industriavfall	27%
	Insamling av aska	10%	Deponering av industriavfall	24%
	Deponering av slam	3%		
	Deponering av industri- avfall	11%		
	Deponering av aska	9%		
		<i>Totalt: 94%</i>		<i>Totalt: 90%</i>
Dödsfall	Produktion av saltsyra	62%	Inga dödsfall	
	Etanoltransport	32%		
		<i>Totalt: 94%</i>		
Förlorade arbetsdagar	Insamling av hushålls- avfall	48%	Insamling av hus- hållsavfall	54%
	Insamling av industri- avfall	33%	Insamling av industriavfall	37%
	Insamling av aska	14%		
		<i>Totalt: 94%</i>		<i>Totalt: 92%</i>

7. För och nackdelar med IVLs branschmetod

7.1 Tillgång till data

Den fallstudie som gjorts visar på både den använda metodens styrka och svaghet. Styrkan är att det med hjälp av svensk statistik går att få fram data om arbetsskador på en mycket fin branschnivå. Dessutom finns detaljerad produktionsstatistik.

En nackdel är att statistik ej finns för andra länder. Det finns dock idéer om hur man skulle kunna använda sig av svensk statistik och viss statistik från andra länder för att beräkna (generera) detaljerad statistik för andra länder. Denna idé återstår dock att testa. Det kommer dock att kvarstå brister i dataunderlaget, t ex för att vissa verksamheter (t.ex. oljeutvinning) knappast förekommer i Sverige och data som är jämförbara med

svenska data är sannolikt inte möjliga att erhålla. Dessa dataluckor är dock relativt begränsade.

En brist när det gäller data, är att det inte finns data för "nya" processdelar. I vår fallstudie gäller det t ex för etanolprocessen där etanol tillverkas ur avfall. I de flesta livscykler finns dock inte någon eller endast en del av livscykeln som innebär en helt ny process. De flesta livscykler laborerar med befintliga processer i olika kombinationer. I vissa fall och speciellt när det gäller teknikutveckling är dock detta en begränsning i metoden.

När det gäller tillverkning har SCB bra data för de olika SNI-koderna. Att para ihop dessa data med arbetsskadestatistiken är relativt lätt. För andra typer av verksamheter som transporter och avfall har dock SCB inga data utan data beställs från andra källor (t ex Renhållningsverksföreningen) som inte använder sig av SNI-koden som underlag för sina data. Detta göra att kopplingen mellan arbetsskador som relateras till SNI-kod och produktionsdata är något sämre.

7.2 Datakvalité

I vår fallstudie har vi valt att använda oss av medelvärden för tre år, åren 1994-96. Önskvärt hade varit att istället ha medelvärden över en längre period, 5 år, eftersom variationerna mellan år är stora, speciellt för små branscher. Dessutom är antalet fall i de olika effektkategorierna för vissa SNI-koder mycket få. ISA-statistiken som vi använt oss av, har dock genomgått stora förändringar. År 1993 ändrades t.ex. arbetsskadeförsäkringen, varför det blev en kraftig ökning av antalet anmälda arbetssjukdomar före 1 juli det året. Detta förrycker statistiken och gör att den inte är relevant för vår WELCA. Liknande förändringar görs återkommande. Trots att vi använt oss av den kortare tiden, är inte standardavvikelseerna så stora i de värden som erhållits, varför vi inte bedömer att detta påverkat resultatet i vår fallstudie mer än marginellt.

ISA-statistiken liksom produktionsstatistiken har brister. ISA-statistiken bygger t ex på anmälda och inte på godkända arbetsskador. Indelningen i SNI-koder är inte alltid så enkel som det först kan tyckas. Många företag har verksamhet inom olika "branschområden" vilket försvårar klassningen till en SNI-kod. I vår fallstudie gäller detta till exempel insamling av avfall som i de flesta fall (uppskattningsvis 70 %) klassas under SNI 90002 (Insamling, sortering och omlastning av icke miljöfarligt avfall). Resten ligger utspridda på en rad olika näringsgrenar. Skälet till detta är förmodligen att sophämtning sköts av olika bolag, både privata och kommunala. På mindre orter är det kanske ett åkeri som sköter sophämtningen vid sidan om ordinarie åkeriverksamhet och då hamnar sophämtningen på SNI-koden för åkeriverksamhet.

7.3 Allokering

I WELCA-metoder som bygger på branschstatistik, är allokeringen en kritisk del. Eftersom det tillverkas så många olika produkter i branscherna, måste man fördela arbets-skadorna på de olika produkter och de metoder som då används är starkt avgörande för slutresultatet. Med utgångspunkt i svensk statistik kan man endast allokera baserat på tillverkad mängd eller värdet av produkten (undantag finns för transporter). Ingen av dessa metoder är speciellt bra. Vi har dock bedömt att allokering baserat på värdet i de flesta fall ger ett något bättre resultat än allokering baserat på mängd. Det beror på att vi antar att ett högre värde oftast också innebär att mer arbetstid lagts ned på produkten. Arbetstiden borde ha en stor betydelse för arbetsskadorna (mer arbetstid, mer arbets-skador).

Allokeringen är tillsammans med bristerna i arbetsskadestatistiken enligt vår mening de svagaste länkarna i WELCA-metoder baserat på branschstatistik. De brister som finns i arbetsskadestatistiken är dock lika för hela livscykeln, vilket gör att de systematiska fel som finns åtminstone delvis är lika i hela WELCAN.

7.4 Normalisering

De normaliseringar som gjorts i fallstudien, är en bra grund för att identifiera hot spots, d v s de delar av livscykeln som har störst betydelse för slutresultatet. Speciellt ger de en grund för att bedöma vilka delar av livscykeln som de facto innebär överrisker och vilka delar som ger ett stort bidrag, trots en låg risk, enbart för att de utgör en stor del av livscykeln.

Vi har använt oss av två olika metoder för normalisering. Vi anser att den metod där normaliseringen presenteras som ett diagram där beräknade värden för livscykeln jämförs med beräknade värden utgående från medelvärden, se figur 3 är ett bra sätt att presentera resultatet av normaliseringen, eftersom presentationen ger en fyllig och "genomskinlig" bild av resultatet, vilket möjliggör för läsaren att också kontrollera de tolkningar av resultaten som görs.

Vi har givit två alternativa medelvärden att normalisera mot, norm 1 (mv för alla branscher) och norm 2 (mv för utvalda branscher). Vilket alternativ som väljs, beror på utgångspunkterna i det fall som väljs (goal and scope) och i vilken mån man vill fokusera på några få hot spots eller göra en noggrannare granskning. Normalisering enligt norm 2 (som innebär normalisering mot högre medelvärden) innebär att några få hot spots kommer att överstiga norm 2, medan norm 1 sannolikt ger fler överstiganden av beräknade värden enligt norm 1.

7.5 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys kan göras på många olika sätt. Vi har valt att arbeta med två olika metoder, där den ena fokuserar på osäkerheter i slutresultatet av WELCAn och den andra på osäkerheter i data för olika delar av livscykeln.

Osäkerheter i slutresultatet återspeglas av standardavvikelsen i värdet för de fyra effekt-kategorierna. Standardavvikelsen har beräknats för medelvärdena för de tre år för vilka data tagits fram. Det är möjligt att göra vidare statistisk analys för att kontrollera vilken konfidensnivå ev skillnader i värdena ligger på. I vår fallstudie har det dock inte varit nödvändigt att göra en sådan statistisk kontroll, eftersom de beräknade medelvärdena +/- standardavvikelsen överlappar varandra. Det finns således ingen signifikant skillnad mellan de två alternativen.

När det gäller osäkerheter har vi eftersträvat att hitta en enkel metod för att kontrollera om vi p g a osäkerheter i data riskerar att missa delar av livscykeln som kan ha stor betydelse för slutresultatet. Känslighetsanalysen har gett ett användbart resultat och tyder på att vi identifierat de delar av livscykeln som har störst betydelse för slutresultatet.

7.6 Identifiering av "hot spots"

Den metod som använts visar att det finns delar av livscykeln som har stor påverkan på slutresultatet. Det gäller speciellt insamling av avfall och deponering av avfall. Resultatet gäller även efter normalisering och känslighetsanalys, åtminstone för vissa effekt-kategorier. Varför dessa delar ger ett så stort bidrag vet vi inte. Det kräver noggrannare analys av arbetsskadestatistiken för de aktuella branscherna. En sådan analys kan göras antingen genom en noggrannare kontroll av de fall av arbetsskador som ligger till grund för ISAs statistik eller genom direkt kontakt med branschen och dess företrädare.

Att WELCAn inte direkt ger information om vad som orsakar arbetsskadorna är en nackdel med branschmetoder för WELCA. Denna nackdel kompenseras dock av att WELCA-metoden är relativt snabb och enkel, varför det ur resurssynpunkt sannolikt inte är mer tidskrävande att ta fram dessa data i ett sent skede och enbart för hot spots än att ta fram dessa data i ett tidigt skede för samtliga delar av livscykeln.

7.7 Tillförlitlighet i resultat

Ovan har tillförlitlighet i data samt allokering diskuterats. Båda dessa faktorer har naturligtvis stor betydelse för tillförlitligheten i det slutliga resultatet av en WELCA. När man diskuterar tillförlitligheten i LCA är det viktigt att ha rätt perspektiv. LCA är inte en exakt vetenskap. Oavsett vilken LCA man granskar, finns det alltid både data-

luckor och osäkerheter i data (7, 8). Detsamma gäller självklart för WELCA. Vår bedömning är att de resultat som vi erhåller med vår metod, trots de osäkerheter som finns ändå pekar ut vilka delar som har störst betydelse för vilka arbetsskador som genereras i de aktuella produkternas livscyklar. I detta fall (som i så många andra LCA-fallstudier) gick det inte att bedöma om någon produkt var bättre eller sämre än den andra, men resultaten torde vara tillräckliga som underlag för att diskutera ev. behov av åtgärder för att minska arbetsskadorna i produkternas livscyklar.

7.8 Användningsområden

Fallstudien visar att den metod som utvecklats för WELCA harmonierar väl med LCA för den yttre miljön. Det fungerar t ex bra att utgå från samma processträd, att använda sig av samma funktionella enhet, att använda sig av de data om råvaruförbrukning och produktionsdata som tas fram inom yttre miljö-LCA. Detta innebär att ett av de grundläggande kraven på WELCA är uppfyllt. Ytterligare forskning krävs dock för att utvärdera om andra systemgränser är motiverade i WELCA.

Motivet för att göra en WELCA i kombination med en traditionell LCA är att WELCA ger kontroll på arbetsmiljön samtidigt som man också kontrollerar den yttre miljön. Det innebär att när man står inför val mellan olika alternativ, är det möjligt att samtidigt väga in arbetsmiljöaspekter. Dessa val kan finnas t ex i samband med inköp, produktutveckling och i ett samhällsperspektiv, när man ska välja mellan olika alternativ (t ex triavfettning eller alkalisk avfettning alternativt att införa ekonomiska styrmedel för att gynna ett visst transportsätt, t ex tåg, bil eller flyg).

Med hjälp av WELCA kan man dels göra en jämförelse mellan olika alternativ genom att jämföra slutresultatet för de fyra effektkategorierna, för vilka data är relativt lätt tillgängliga. Dels kan man göra en noggrannare analys och få fram data om vilka delar av livscykeln som ger det största bidraget till slutresultatet i var och en av effektkategorierna. Dessutom kan man genom normaliseringen studera om de delar som ger de största bidragen gör det för att de utgör en "stor" del av livscykeln eller om det beror på att riskerna för dessa delar är onormalt höga. Genom känslighetsanalysen får man dessutom kontroll på vilken betydelse osäkerheter i data kan ha.

WELCA enligt den metod som utvecklats har också begränsningar. Det är möjligt att lägga till cancer och reproduktionsstörningar, men det kan endast göras kvalitativt eller semikvantitativt. Andra metoder måste användas för de sistnämnda effekterna än för den kvantitativa delen av WELCAn, vilket innebär att resultaten presenteras på olika sätt.

En annan begränsning är att data saknas för vissa delar av livscykeln. Det innebär att tolkningen av data måste göras med försiktighet. Man kan inte utesluta att de delar för

vilka data saknas ger ett betydande bidrag till arbetsskadorna livscykeln. Detta problem är inte unikt för WELCA utan gäller även för traditionell LCA.

7.9 Bransch-WELCA eller process-WELCA?

I vår fallstudie har vi använt oss av en bransch-WELCA-metod. Denna metod har nackdelar men även fördelar. Samma sak gäller process-WELCA. En av de allvarligaste bristerna med process-WELCA är enligt vår mening att den knappast täcker hela livscykeln. Det klarar dock bransch-WELCA. Bransch-WELCA har dock begränsningen att inte kunna skilja speciellt bra mellan olika processer. Med detta perspektiv kan man se att bransch- och processmetoder kompletterar varandra.

En önskvärd utveckling är enligt vår mening att det utvecklas bransch- och process-WELCA som är så lika att de kan användas tillsammans. Det skulle innebära att de innehöll samma effektkategorier och att kvantifieringen harmonierade mellan de två metoderna. En sådan samordning skulle kunna lösa ett grundproblem som idag finns med WELCA-metoder.

8. Förslag till fortsatt utvecklingsarbete WELCA

För att öka användbarheten av WELCA är det önskvärt att utveckla hybridmetoder som tar till vara de styrkor som finns med bransch- och processmetoder och som minskar svagheter med metoderna. För att sådana hybridmetoder ska fungera väl, krävs att de ger resultat för samma effektkategorier och med samma mått. Hybridmetoderna skulle kunna innebära att mer arbete läggs ner på kärnprocesser eller på "nya" processer för vilka det saknas branschstatistik och mindre arbete läggs ner för att få fram branschdata för att få en bild av hela livscykeln. Att hela livscykeln beaktas är en förutsättning för att WELCA ska kunna användas i livscykelsammanhang.

Ett annat behov är att bygga upp en databas för sådana aktiviteter som kan ingå i en WELCA. En sådan databas bör byggas upp för att kunna ge värden för olika länder för samtliga effektkategorier. Dessutom bör värdena från de olika länderna vara likvärdiga, d v s återspegla samma sak. Ev skillnader i klassificering, anmälningsbenägenhet etc får inte påverka data så mycket att de ej är jämförbara. En möjlighet som vi avser att testa i ett kommande projekt, är att använda data från ett land för att generera ett slags simulerade data för andra länder. Data för andra länder skulle kunna genereras genom att använda en faktor beräknad ur dödsfallen inom en viss bransch för det land man vill generera data för resp data för ett utvalt land, där arbetsskadestatistiken anses vara av god kvalitet och vars statistik används som grund för databasen. Att dödsfallen väljs som bas för beräkning av omräkningsfaktorn mellan olika länder, beror på att vi antar att när

det gäller registrering av arbetsrelaterade dödsfall är skillnaderna förhållandevis små mellan olika länder, jämfört med registrering av andra typer av arbetsskador.

Fortsatt forskning bör också ge mer detaljerade svar på bl a följande frågor;

* vilken nytta har man av WELCA i ett företags- och samhällsperspektiv?

* kan allokering göras på ett mer "rättvist" sätt i en bransch-WELCA?

* vilken betydelse har systemgränserna för resultatet av WELCA?

9. Referenser

1. Antonsson Ann-Beth, Carlsson Helene. En metod för att integrera arbetsmiljö i livscykelanalyser. IVL-publikation B 1184. Stockholm April 1995
2. Antonsson Ann-Beth, Carlsson Helene. The basis for a method to integrate work environment in life cycle assessments. J. Cleaner Prod. Vol 3, No 4, pp 215-220, 1995.
3. Potting J, Möller B T, Jensen A A. Work Environment and LCA. LCANET Theme Report. Denmark, February 1997
4. Environmental management - Life cycle assessment- Principles and framework. ISO 14040. International Standard. First edition 1997-06-15 reference number ISO 14040:1997(E)
5. Schmidt A, Rasmussen PB, Fløe T, Poulsen KE, Mortensen B, Petersen MV, LCA-metodeforbedring / metodeudvikling og konsensuskabelse. Subprojekt 3 - LCA and the working environment. Review of existing methods for work environment LCA. Document No 302.1 (1998)
6. Finnveden G, Lindfors L-G, Stripple H (1994) Livscykelanalys av etanol ur sorterat hushållsavfall med starksyrahydrolys. IVL B-rapport 1168 Stockholm November 1994
7. Finnveden G, Lindfors LG, Data quality of Life Cycle Inventory Data - Rules of thumb. Letter to the Editor. Int. J. LCA3(2)65-66(1998).
8. Finnveden G. (1998) On the possibilities of Life-Cycle Assessment. Development of methodology and review of case studies. Doctoral thesis in Natural Resources Management, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 1998.

Bilaga 1

Livscykelanalys av etanol ur sorterat hushållsavfall med starksyrahydrolys

Mål

Målet med det ursprungliga projektet (yttre miljö LCA) var att från ett miljö- och resursperspektiv belysa konsekvenserna av en ev. framtida storskalig etanolproduktion baserad på cellulosahaltiga, avfallsbaserade råvaror.

Förutsättningar och avgränsningar

Jämförelse av de två alternativen skulle göras baserat på resultat som erhållits med livscykelanalysmetodik. Etanolen är tänkt att användas som drivmedel för innerstadsbussar. Som referensalternativ används miljödiesel. Etanolen tillverkades enligt CHAP (Concentrated Hydrochloric Acid Process).

De data som användes när det gällde CHAP, härrörde från förstudier. Då etanolen produceras ur sorterat avfall, förändras det totala avfallshanteringssystemet. För att få jämförbara system omfattar analysen därför flera funktioner som de studerade systemen ska uppfylla. Förutom bussbränsle ska systemet ta hand om en viss mängd hushållsavfall, en viss mängd industriavfall samt producera en viss mängd värme och el. För etanolproduktionen krävs processenergi. I yttre miljö LCA har två alternativ studerats där energin baseras på antingen olja eller biobränsle.

Funktionell enhet

I vår WELCA-studie har vi använt samma funktionella enheter som i den ursprungliga rapporten, dvs:

1. Ett bestämt antal busskilometrar i storstadsmiljö.
2. Hantering av en bestämd mängd hushållsavfall.
3. Hantering av en bestämd mängd industriavfall.
4. Leverans av en bestämd mängd el och hetvatten till fjärrvärme från Högdalen.

Bilaga 2

Inventering

Använda datakällor

Data till WELCA har hämtats från offentlig statistik.

Arbetskyddsstyrelsens informationssystem för arbetsskador, ISA (1,2,3). Härifrån hämtas arbetsskade- och arbetsolycksstatistiken. Statistiken är branschindelad i s k SNI-koder. SNI-koderna är indelad i olika nivåer, från tvåsiffrig till femsiffrig nivå där femsiffrig är den finaste indelningen. I studien har de finaste nivåerna använts. ISA beskrivs utförligare nedan.

Statistiska Centralbyråns varuförteckning (4, 10). Härifrån hämtas produktionsdata. Förteckningen bygger delvis på indelningen i SNI-koder. Varje SNI-kod är indelad i olika varunummer, dvs varje produkt som tillverkas under en SNI-kod har ett varunummer. SCB har uppgifter om hur mycket som tillverkas och värdet av det som tillverkas under varje SNI-kod. Genom att ange de varunummer man är intresserad av, får man reda på mängd som tillverkas och värdet av det som tillverkas av en viss produkt. Dessutom kan man få data om det totala värdet av allt som tillverkas i SNI-koden.

SCBs varuförteckning gäller endast branscher med en industriell varukoppling. I en LCA ingår även mer tjänstebaserade branscher så som transport, energi och avfall. Produktionsdata för energi (10) och transport (11) hämtades också från SCB medan data över avfall hämtades från RVF.

Renhållningsverksföreningen, RVF (5,6,7). Härifrån hämtas data över avfallshantering (insamling, transport och deponering).

Naturvårdsverket (8)- På Naturvårdsverkets hemsida, www.environ.se, finns avfallsstatistik. Härifrån har data över insamlad mängd avfall i kommunal regi hämtats.

Data från ISA

Bullerskador och Allergi/eksem

Uppgifter om antalet bullerskador för de branscher som ingår i livscykeln hämtas från de böcker som årligen ges ut av ISA / Arbetskyddsstyrelsen och SCB, Arbetssjukdomar och arbetsolyckor 1994, Arbetssjukdomar och arbetsolyckor 1995 och arbetsjukdomar och arbetsolyckor 1996. I tabell 10 i dessa böcker (som har samma uppställ-

ning alla år) finns "Anmälda arbetssjukdomsfall efter näringsgren (SNI), kön och misstänkt orsak. Arbetstagare och egenföretagare".

I samma tabell finns uppgifter om arbetssjukdomar orsakade av allergi och eksem, uppdelade i två kolumner. Statistiken från dessa kolumner läggs ihop och bildar underlag för kategorin allergi/eksem.

Dödsfall och Förlorade arbetsdagar p.g.a. av arbetssjukdomsfall eller arbetsolycka

Uppgifter om antalet dödsfall för de branscher som ingår i livscykeln hämtas från de ovan nämnda böckerna, tabell 2 "Anmälda arbetsskador efter näringsgren (SNI) och kön, 1996. Arbetstagare och egenföretagare.

Från samma tabell hämtas uppgifter om antalet förlorade arbetsdagar p.g.a. arbetssjukdomsfall eller arbetsolycka. Statistiken presenteras som antal arbetsolycks- och arbetssjukdomsfall. Från dessa uppgifter dras antalet dödsfall. I samma tabell presenteras medelantalsjukdagar per fall. Genom att multiplicera antal fall med medelantalsjukdagar erhålls antalet förlorade arbetsdagar. Beroende på vilket år man går in och tittar på i tabell 2 redovisas statistiken lite olika. Fram till 1995 redovisas medelantalet sjukersättningsdagar för arbetssjukdomsfall från året innan, dvs för att få antal förlorade arbetsdagar för 1994 måste man gå in i 1995 års statistik för att hitta medelantal sjukersättningsdagar. 1996 börjar man att redovisa årets medelantal sjukersättningsdagar. Detta gör att 1995 års medelantal sjukersättningsdagar inte redovisas någonstans. För att få en siffra används därför medeltalet för 1993, -94 och -96.

Vad gäller både statistiken från tabell 2 och tabell 10 är den i vissa fall inte tillräckligt detaljerad, dvs SNI koden är endast angiven på tvåsiffrig nivå. Hos ISA finns dock underlaget till statistiken dokumenterad. I underlaget är SNI-koderna uppdelade i finare nivåer och informationen från dessa listor har i de fall statistiken saknats i böckerna hämtats hos ISA.

Statistikdiskussion

Tabellen nedan tar upp vissa av de branscher som ingår i fallstudien där det krävs vissa klagörande.

SNI-kod	näringsgren	kommentar
90002	Insamling, sortering, omlastning av icke miljöfarligt avfall	ca 70% av de skador och olyckor som sophämtare utsätts för rapporteras under SNI-kod 90002. Skador och olyckor relateras till produktionsdata från år 1994 (till skillnad från skadestatistiken som är ett medelvärde från -94, -95 och -96). Olycks- och skadestatistiken relateras till produktionsdata för insamlad mängd avfall i kommunal regi. En stor del av det industriavfall som samlas in samlas in av branschen själv. Skador som uppstår i detta arbete rapporteras under branschens SNI-kod.
90004	Deponering av icke miljöfarligt avfall	Olycks- och skadestatistiken relateras till produktionsdata vad gäller avfall deponerad i kommunal regi.
24130	Tillverkning av andra oorganiska baskemikalier	Skadorna vid fosforsyraframställning relateras till produktionsdata från -94 och -95 eftersom data från -96 är sekretesskyddade. Mängd tillverkad H₂SO₄ anges som kg SO₂. Mängd tillverkad NH₃ anges som kg N i LCA
23200	Petroleumraffinering	Vid etanoltillverkningen behövs eldningsolja. Etanolproducentens köpta olja antas vara raffinerad i Sverige. För att räkna om energiinnehåll till m ³ och kg till m ³ används data från tabell 2.1 ur referens 9. (eldningsoljas energiinnehåll ca 41 MJ/kg och densitet ca 908 kg/m ³ , dieselbrännoljas densitet 845 kg/m ³)
40100 + 40300	Elförsörjning Ång- och hetvattenförsörjning mm	Produktionsdata endast från -96.
60240	Vägtransport av gods	Data över körda km finns endast för år -95 och -96. Körda km -94 är ett medelvärde av år -95 och -96. I "körda km" räknas körda km med last och utan last ihop.

Referenser

- 1 Arbetssjukdomar och arbetsolyckor 1994, Arbetarskyddsstyrelsen och Statistiska Centralbyrån.

- 2 Arbetsjukdomar och arbetsolyckor 1995, Arbetarskyddsstyrelsen och Statistiska Centralbyrån.
- 3 Arbetsjukdomar och arbetsolyckor 1996, Arbetarskyddsstyrelsen och Statistiska Centralbyrån.
- 4 Beställd information från Statistiks Centralbyrån om produktionsmängder och produktvärde för de varunummer inom de SNI-koder av intresse för livscykeln.
- 5 Avfallsanläggningar med deponering, statistik 1997, RVF Rapport 98:9
- 6 Personlig kommunikation med Thomas Rihm, Renhållningsverksföreningen, 17 november 1998
- 7 Personlig kommunikation med Bo Audelius, Renhållningsverksföreningen, 18 november 1998
- 8 Naturvårdsverkets hemsida, www.environ.se
- 9 EnergiFakta (1998) AB Svensk Energiförsörjning, Stockholm
- 10 Statistiska meddelanden, El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 1996, Betällningsnummer E11 SM 9801, SCB, Programmet för energi (1998).
- 11 Beställd information från Statistiska Centralbyrån över Godsmängder och körda kilometer för år 1995 och 1996.

Bilaga 3

Tabell 1

I tabellen listas de data som samlats in för produktion och arbetsskador, enligt bilaga 2.

Tabell 2

I tabellen presenteras resultatet av de uträkningar som gjorts i livscykeln. Resultatet presenteras som antalet hörselskador, allergier och eksem, dödsfall och förlorade arbetsdagar / 10 milj km körda med buss i stadstrafik.

Tabell 3

I tabellen presenteras resultatet av normaliseringen utförd på det andra sättet som presenteras i avsnitt 6.2.3.

I tabellen listas de data som samlats in för produktion och arbetsskador, enligt bilaga 2.

Etanolproduktion (7582 ton/år)	SNI-kod	Mängd i livscykeln	Total värde/mängd producerat i branschen				Värde/mängd av produkten som ingår i LCA							
			-94	-95	-96	-94	-95	-96	-94	-95	-96			
Insamling av hushållsavfall	90002	100000000 kg/år	9449000000kg				3180000000							
Etanoltransport	60240	22744,8 km/år	1630484000km	1606073000km	1654895000km									
Insamling av slam	90002	8640000 kg/år	9449000000kg				1259000000							
Deponering av slam	90004	8640000 kg/år	6080000000kg	5340000000kg	5056000000kg				7300000000					6750000000
Insamling av industriavfall	90002	68750000 kg/år	9449000000kg				4027000000							
Deponering av industriavfall	90004	34375000 kg/år	6080000000kg	5340000000kg	5056000000kg				1590000000					14850000000
Deponering av aska	90004	28427000 kg/år	6080000000kg	5340000000kg	5056000000kg				6800000000					7000000000
Insamling av aska	90002	28427000 kg/år	9449000000kg				5980000000							
Produktion av saltsyra	24130	2792160 kg/år	4005752kg	4398586kg	1672888kg				37706kg	929070ton*				40263kg
Produktion av ammoniak	24150	12528 kg/år	927479kg	1059244kg	487990kg				182kg	13ton*				3871kg
Produktion av fosforsyra	24130	16200 kg/år	4005752kg	4398586kg	1672888kg				32507kg	130011ton*				4752kg
Produktion av kalciumoxid	1389600	kg/år	INGA	DATA	DATA									
Produktion av svavelsyra	24130	7200 kg/år	4005752kg	4398586kg	1672888kg				152921kg	502050ton*				208555kg
Produktion av natriumhydroxid	24130	28800 kg/år	4005752kg	4398586kg	1672888kg				453215kg	260493ton*				534223kg
Produktion av järn	15890	2160 kg/år	1914669kg	1944678kg	2324375kg				112244kg	18140ton				119934kg
Produktion av skumdämpare	14400	kg/år	INGA	DATA	DATA									
Produktion av metangas	40200	76749120 MJ tillfört/år	INGA	SVENSK	UTVINNING				3905639kg	15266000m3				4325164kg
Oljeförbrukning	23200	34200000 MJ tillfört/år, ca 826000kg/år, ca 9100 m3/år	22210064kg	21342199kg	25575953kg				2759516kg	3951000m3				4325164kg
Oljeförbrukning	23200	29055280 MJ tillfört/år, ca 7018243 kg/år, ca 7729 m3/år	22210064kg	21342199kg	25575953kg				3905639kg	15266000m3				4325164kg
Elförbrukning	0100+40300	15552000 MJ el/år			4,85E+17									
Tillverkning av miljödiesel dieselproduktion		4454 ton/år												
Utvinnning av olja			INGEN	SVENSK	UTVINNING									
Oljeraffinering	23200	4454 ton/år, ca 5271m3	22210064kg	21342199kg	25575953kg				8846418kg	8771000m3				9922286kg
Energi till produktionen (eldningsolja)	23200	475000kg ca 562 m3	22210064kg	21342199kg	25575953kg				3905639kg	15266000m3				4325164kg
El-/Värme produktion av hushållsavfall, Stockholm Energi, Högdalen														
Insamling av hushållsavfall	90002	100000000 kg/år	9449000000kg				3180000000							
Deponering av aska	90004	14000000 kg/år	6080000000kg	5340000000kg	5056000000kg				6800000000					7000000000
Insamling av aska	90002	14000000 kg/år	9449000000kg				3180000000							
Diesel	23200	177000 kg ca 209 m3	22210064kg	21342199kg	25575953kg				8846418kg	8771000m3				9922286kg
Deponering av industriavfall														
Deponering av industriavfall	90004	68750000 kg/år	6080000000kg	5340000000kg	5056000000kg				1550000000					14850000000
Insamling av industriavfall	90002	68750000 kg/år	9449000000kg				4027000000							
Diesel	23200	142000kg ca 168 m3	22210064kg	21342199kg	25575953kg				8846418kg	8771000m3				9922286kg

I tabellen listas de data som samlats in för produktion och arbetsskador, enligt bilaga 2.

SNI-kod	Antal hörselskador			Antal allergi och eksem			Antal dödsfall			Antal förlorade arbetsdagar		
	-94	-95	-96	-94	-95	-96	-94	-95	-96	-94	-95	-96
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
60240	23	15	11	4	3	2	13	5	3	54758	46651	51564
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
90004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36	13	78
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
90004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36	13	78
90004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36	13	78
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
24130	2	2	2	2	1	1	0	2	0	2436	2197	1820
24150	1	0	0	0	1	0	0	0	0	748	253	162
24130	2	2	2	2	1	1	0	2	0	2436	2197	1820
24130	2	2	2	2	1	1	0	2	0	2436	2197	1820
24130	2	2	2	2	1	1	0	2	0	2436	2197	1820
15890	1	0	1	1	1	0	0	0	0	563	845	1570
40200												
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986
40100+40300	17	11	16	5	7	2	1	1	2	13095	11234	8162
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
90004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36	13	78
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986
90004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36	13	78
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986
90004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	36	13	78
90002	6	3	6	1	1	0	0	0	0	10096	7179	7888
23200	7	4	3	0	0	0	0	0	0	410	673	986

I tabellen presenteras resultatet av de uträkningar som gjorts i livsryckeln. Resultatet presenteras som antalet hörselskador, allergier och eksem, dödsfall och förlorade arbetsdagar / 10 mil km körda med buss i stadstrafik.

Etanolproduktion	SNi-kod	Hörselskador/10 mil km	-96	-95	-94	Allergier och eksem/10 mil km	-95	-96	-94	Dödsfall/10 mil km	-95	-96	-94	Förlorade arbetsdagar/10 mil km	-95	-96
Etanolproduktion (7582 ton/år)																
Insamling av hushållsavfall		100000000 kg/år	900002	0,0635	0,0317	0,01058	0	0	0	0	0,01058	0	0	106,8	76	83,5
Etanoltransport		22744,8 km/år	60240	0,000321	0,000212	0,0001511	0,000056	0,000042	0,000027	0,00018	0,00007	0,000041	0,76	0,66	0,71	0,71
Insamling av slam		86400000 kg/år	900002	0,005486	0,002743	0,005486	0,0009144	0,0009144	0	0	0	0	9,23	6,56	7,21	7,21
Deponering av slam		86400000 kg/år	900004	0	0	0,0437	0,007276	0,007276	0	0	0	0	0,051	0,021	0,133	0,133
Insamling av industriavfall		68750000 kg/år	900002	0,0437	0,0218	0	0	0	0	0	0,00644	0	0	73,5	52,2	57,4
Deponering av industriavfall		34375000 kg/år	900004	0	0	0	0,00532	0	0	0	0,00532	0	0,17	0,069	0,44	0,44
Deponering av aska		28427000 kg/år	900004	0	0	0	0,0030085	0,0030085	0	0	0,0030085	0	0,304	0,216	0,237	0,237
Insamling av aska		28427000 kg/år	900002	0,0181	0,009	0,0181	0,000566	0,000566	0,0007699	0	0,000566	0,0002808	0,689	0,617	1,4	1,4
Produktion av saltsyra		2792160 kg/år	24130	0,0000566	0,000562	0,00154	0	0	0	0	0	0	0,141	0	0,0085	0,0085
Produktion av ammoniak		12528 kg/år	24150	0,000189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produktion av fosforsyra		16200 kg/år	24130	0,0000202	0,00003612	0	0,0000202	0,00001086	0	0	3,61E-05	0	0,0246	0,0397	0	0
Produktion av kalciumoxid		1389600 kg/år	INGA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
Produktion av svavelsyra		7200 kg/år	24130	0,0000011	0,00000134	0,00000319	0,00000011	0,000000672	1,596E-06	0	1,3E-06	0	0,000133	0,00148	0,0029	0,0029
Produktion av natriumhydroxid		28800 kg/år	24130	0,0000025	0,0000031	0,0000687	0,0000025	0,0000155	0,00000344	0	0,000031	0	0,0305	0,0341	0,0627	0,0627
Produktion av jäst		2160 kg/år	15890	0,00000698	0	0,00000586	0	0,00000702	0	0	0	0	0,00593	0,00593	0,0092	0,0092
Produktion av skumdämpare		14400 kg/år	INGA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
Produktion av metanogas		76749120 MJ tillfört/år	40200	INGEN	INGEN	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING	UTVINNING
Oljeförbrukning		34200000 MJ tillfört/år, ca 9100 m ³ /år	23200	0,00213	0,00119	0,000888	0	0	0	0	0	0	0,125	0,201	0,292	0,292
Oljeförbrukning		290555280 MJ tillfört/år, ca 7018243 kg/år, ca 7729 m ³ /år	23200	0,00181	0,00101	0,000753	0	0	0	0	0	0	0,106	0,17	0,247	0,247
Elförbrukning		15552000 MJ el/år	0100+40300	5,50E-10	3,50E-10	5,10E-10	1,60E-10	2,20E-10	6,40E-11	3,20E-11	3,20E-11	0,00000042	0,00000036	0,00000026	0,00000026	0,00000026
Summerat:			1,36E-01	0,06828546	0,134195851	0,02245319	0,035515752	0,0008329	0,00018	0,00018	0,0007	4,1E-05	222,231163	158,2592104	175,6453003	175,6453003
Tillverkning av miljödiesel																
dieselproduktion (4454 ton/år)																
Utvinnning av olja																
Oljeförbrukning		4454 ton/år, ca 5271 m ³	23200	0,00177	0,000996	0,000729	0	0	0	0	0	0	0,104	0,168	0,24	0,24
Energi till produktionen (eldningsolja)		475000 kg ca 562 m ³	23200	0,000132	0,0000736	0,0000549	0	0	0	0	0	0	0,00771	0,0124	0,018	0,018
El-/Värme produktion av hushållsavfall, Stockholm Energi, Högdalen																
Insamling av hushållsavfall		100000000 kg/år	900002	0,0635	0,0317	0,0635	0,01058	0,01058	0	0	0	0	106,8	76	83,5	83,5
Deponering av aska		14000000 kg/år	900004	0	0	0,00264	0	0,00264	0	0	0	0	0,083	0,034	0,216	0,216
Insamling av aska		14000000 kg/år	900002	0,00889	0,00445	0,00889	0,00148	0,00148	0	0	0	0	15	10,6	11,7	11,7
Diesel		177000 kg ca 209 m ³	23200	0,00007	0,0000395	0,0000289	0	0	0	0	0	0	0,0041	0,0066	0,0095	0,0095
Deponering av industriavfall																
Deponering av industriavfall		68750000 kg/år	900004	0	0	0,0129	0	0,0129	0	0	0	0	0,407	0,168	1,06	1,06
Insamling av industriavfall		68750000 kg/år	900002	0,0437	0,0218	0,0437	0,007276	0,007276	0	0	0	0	73,5	52,2	57,4	57,4
Diesel		142000 kg ca 168 m ³	23200	0,0000565	0,0000317	0,0000232	0	0	0	0	0	0	0,00331	0,00534	0,00762	0,00762
Summerat:			0,1181185	0,0590908	0,116926	0,019336	0,034876	0	0	0	0	0	199,90912	139,19434	154,15112	154,15112

I tabellen presenteras resultatet av normaliseringen utförd på det andra sättet som presenteras i avsnitt 6.2.3.

Etanolproduktion (7582 ton/år)	SNI-kod	Hörselskador/10 mili km	hörselskador -Norm 1	Hörselskador -Norm 2	allergi o eksem/ 10 mili km	Allergi/eksem -Norm 1	Allergi/eksem -Norm 2
Insamling av hushållsavfall	90002	0,052916	0,03283	0,018056	0,007053	X	X
Etanoltransport	60240	0,000228	X	X	0,0000417	X	X
Insamling av slam	90002	0,000457	0,000283	0,0001563	0,0003048	X	X
Deponering av slam	90004	0	X	X	0,0005244	0,0004027	0,000385
Insamling av industriavfall	90002	0,0363795	0,0218277	0,0124418	0,0000485	X	X
Deponering av industriavfall	90004	0	X	X	0,0020863	0,0016023	0,0015334
Deponering av aska	90004	0	X	X	0,0017253	0,00132504	0,0012681
Insamling av aska	90002	0,0150423	0,0093262	0,005144	0,0020056	X	X
Produktion av saltsyra	24130	0,000725	0,000333	0,000051	0,0004832	0,0001645	0,0000236
Produktion av ammoniak	24150	0,000011	0,0000024	0,0000002	0,0000102	0,0000054	0,0000033
Produktion av fosforsyra	24130	0,0000257	0,0000118	0,0000018	0,0000171	0,0000058	0,0000008
Produktion av kalciumoxid	1389600	kg/år	DATA				
Produktion av svavelsyra	7200	kg/år	INGA				
Produktion av natriumhydroxid	28800	kg/år	0,0000016	0,0000007	0,0000001	0,0000003	0,00000005
Produktion av jäst	15890	kg/år	0,0000013	0,0000024	0,0000233	0,0000079	0,0000011
Produktion av skumdämpare	14400	kg/år	DATA				
Produktion av metangas	76749120	MJ tillfört/år	INGEN				
Oljeförbrukning	342000000	MJ tillfört/år, ca 8260000kg/år,	SVENSK	TILLVERKNING			
	ca 9100 m ³ /år		0,0012127	0,0010781	0	X	X
Oljeförbrukning	290555280	MJ tillfört/år, ca 7018243 kg/år,	0,001029	0,00091505	0	X	X
	ca 7729 m ³ /år						
Eftförbrukning	15552000	MJ e/år	0	0	0	X	X
Summerat:		0,1084235	0,0668738	0,03784675	0,0143288	0,00351554	0,00321585
Tillverkning av miljödiesel							
dieselproduktion (4454 ton/år)							
Utvinnning av olja							
Oljeraffinering	4454	ton/år, ca 5271m ³	OLJE	UTVINNING			
Energi till produktionen(eldningsolja)	475000kg	ca 562 m ³	0,000075	0,000067	0	X	X
Ei-Värme produktion av hushållsavfall, Högdalen							
Insamling av hushållsavfall	10000000	kg/år	0,0328	0,0181	0,0070533	X	X
Deponering av aska	14000000	kg/år	X	X	0,00085	0,00065	0,00063
Insamling av aska	14000000	kg/år	0,00459	0,00253	0,000988	X	X
Diesel	177000	kg ca 209 m ³	0,00004	0,000035	0	0	0
Deponering av industriavfall							
Deponering av industriavfall	68750000	kg/år	X	X	0,0041663	0,0032	0,0031
Insamling av industriavfall	68750000	kg/år	0,0226	0,01244	0,0000485	X	X
Diesel	142000kg	ca 168 m ³	0,000032	0,000028	0	X	X
Summerat:		0,0980324	0,061137	0,03409	0,0131061	0,00385	0,00373

I tabellen presenteras resultatet av normaliseringen utförd på det andra sättet som presenteras i avsnitt 6.2.3.

SN-kod	dödsfall/10 milj km	dödsfall -Norm 1	dödsfall-Norm 2	förlorade arbetsdagar/10 milj km	förl. ar.d.dagar -Norm 1	förl. arb.dagar -Norm 2
90002	0 X			88.7	57.2	39
60240	0.000097	0.000085	0.00005	0.71	0.32	0.1
90002	0 X			7.7	5	3.1
90004	0 X			0.07 X		X
90002	0 X			61	39.3	26.8
90004	0 X			0.3 X		X
90004	0 X			0.2 X		X
90002	0 X			25	16.1	11
24130	0.000242	0.000218	0.000164	0.8	0.18	X
24150	0 X			0.01	0.0024	X
24130	0.000009	0.0000081	0.000006	0.03	0.0066	X
24130	0.0000005	0.0000005	0.0000003	0.002	0.0004	X
24130	0.000012	0.0000108	0.0000081	0.04	0.0088	X
15890	0 X			0.007	0.0019	X
40200	TILLVERKNING					
23200	0 X			0.2 X		X
23200	0 X			0.18 X		X
40100+40300	0	0	0	0.0000003 X		X
	0.0003605	0.0003224	0.0002284	184.9490003	118.1201	80
	UTVINNING					
23200	0 X			0.2 X		X
23200	0 X			0.013 X		X
90002	0 X			88.7	57.2	40
90004	0 X			0.11 X		X
90002	0 X			12.4	8	5.5
23200	0 X			0.007 X		X
90004	0 X			0.53 X		X
90002	X			61	39.3	26.8
23200	0 X			0.005 X		X
	0	0	0	162.965	104.5	72.3

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbete för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forsknings- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie).

IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden.

IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt.

IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsserie registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 8 598 563 00
Fax: +46 8 598 563 90

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

Box 470 86, SE-402 58 Göteborg
Dagjämningsgatan 1, Göteborg
Tel: +46 31 725 62 00
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult
Aneboda, Lammhult
Tel: +46 472 26 20 75
Fax: +46 472 26 20 04