



# rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

## Metodstudie för ekologisk produktutveckling

Fallstudier om lyktstolpar och panntuber vid  
avfallsförbränning



Kåre Tjus, Mats Almemark, Bengt Christensson, Åsa Jansson, Elisabet Kock

B 1578

April 2004



<b>Organisation/Organization</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	<b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b> <b>Report Summary</b>
<b>Adress/address</b> Box 21060 100 31 Stockholm	<b>Projekttitel/Project title</b>
<b>Telefonnr/Telephone</b> 08 598 563 00	<b>Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor</b> Naturvårdsverket, Jernkontoret, Outokumpu Stainless AB, Sandvik Materials Technology
<b>Rapportförfattare/author</b> Kåre Tjus, Mats Almemark, Bengt Christensson, Åsa Jansson, Elisabet Kock	
<b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b> Ekologisk produktutveckling. Fallstudie om lyktstolpar och panntuber vid avfallsförbränning	
<b>Sammanfattning/Summary</b> Vid produktutveckling har traditionellt endast produktens tekniska egenskaper varit föremål för bedömningar. Under senare tid har <b>miljöaspekter</b> också kommit att beaktas. I det föreliggande arbetet har syftet varit att även delvis beakta <b>arbetsmiljöaspekter</b> , <b>sociala aspekter</b> och även ta med vissa <b>ekonomiska beaktanden</b> som är naturliga att göra vid material- och produktval.  Med utgångspunkt i nedanstående två fallstudier har ett förslag på en arbetsgång vid ekologisk produktutveckling tagits fram. <ul style="list-style-type: none"><li>• Användning av <b>100 lyktstolpar</b>, i rostfritt respektive galvaniserat kolstål, under 100 års tid för två tänkta vägsträckor i Stockholm respektive i Östersund</li><li>• <b>3200 m Panntuber</b> av vanligt kolstål och motsvarande rör, utvändigt beklädda med en tunn krom-, nickel-, molybdenlegering, Sanicro 28, s k compoundtuber. Båda rörtyperna är tänkta att sitta i en avfallsförbränningspanna under 8 års användning.</li></ul> En rad kvalitativa hållbarhetskriterier, baserade på miljö-, ekonomiska och sociala aspekter, har ställts upp för produkterna och efter utvärderingen gentemot dessa kriterier ställs förslag på ytterligare förbättring av produkterna. Alla kriterier utvärderas i ett livscykelperspektiv.  För den <b>sociala påverkan</b> av produkterna saknas idag en bra metodik för en helhetsbedömning. I denna studie har vi utvecklat och testat en ny metodik genom att utgå från arbetet inom GRI; Global Reporting Initiative, där hänsyn tas till indikatorer <b>för Arbete, Mänskliga rättigheter, Samhällspåverkan</b> och <b>Produktansvar</b> .  Arbetsmiljön (inom indikatorn <b>Arbete</b> ), har utvärderats vid produktion av lyktstolpar genom jämförelse av kända fakta om risker, statistik över olycksfall och yrkessjukdomar.  I rapporten föreslås ett sätt att kvantifiera de framtagna effektkategorierna relativt föreslagna nyckeltal för hållbara utrymmen per "världsmedborgare". Denna normalisering ger en möjlighet att till viss del bedöma de olika effektkategoriernas relativa storlek.	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords</b> Lyktstolpar, panntuber, rostfritt stål, LCA, arbetsmiljö, sociala aspekter, personekvivalenser	
<b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b> IVL Rapport B1578	
<b>Rapporten beställs via /The report can be ordered via</b> Hemsida: <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a> , e-mail: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a> , fax: 08-598 563 90 eller IVL, Box 210 60, 100 31 Stockholm.	

## **Förord**

Denna studie har varit ett led i en metodutveckling för att kunna jämföra olika material ur såväl ekonomiska, sociala som miljömässiga bevekelsegrunder.

Studien har bedrivits med hjälp av en referensgrupp bestående av Camilla Kaplin från Outokumpu Stainless, Erkki Thorsen och Ulf Lundell från Sandvik Materials Technology och Helen Axelsson och Ylva Granbom från Jernkontoret samt Anders Kjällmann och Elin Linnarsson från Naturvårdsverket. Företagen har valt de fall vi studerat och även bidragit med eget arbete för att ta fram tekniskt underlag.

Referensgruppen har deltagit och haft synpunkter både på fallstudierna och på studien med metodikutveckling. Den slutliga rapporten har granskats och till viss del bearbetats av alla i referensgruppen.

Vi tackar också alla andra som på ett eller annat sätt stött projektet.

Östen Ekengren, Lars Gunnar Lindfors, Ann Beth Antonsson och Magnus Klingspor på IVL har alla hjälpt oss med värdefulla synpunkter

Följande personer har hjälpt oss med att ta fram underlag för de sociala indikatorerna; Erik Norén och Gunnar Jansson samt Jan Christer Nilsson från Outokumpu Stainless i Avesta och Lena Berg, Tova Åberg, Margareta Linde, Lars S Andersson och Bo Berglund från Sandvik och Magnus Bigenius från SSAB Tunnpå. Specifika upplysningar om tillverkningen och användningen av panntuber har vi fått från Urban Forsberg och Anders Wilson vid Sandvik Materials Technology. Vi tackar också för de upplysningar vi fått Eva-Maria Arvidsson, Ovako Steel, Jonas Karlsson och Hans Wettergren på Renova AB, Leif Byström från Vägverket, Camilla Bolmenius från AB Varmförzinkning, Kalle Lindgren från Skellefteå Byggplanering, Per Holmlund från Skellefte Kraft, Roger Bergman från Transelectric samt Jonas Larsson och Göran Andersson från SSAB Tunnpå. Vi vill även tacka Edward Price, då LCA Manager på IISI, International Iron and Steel Institute, som gett oss upplysningar och tillgång till deras LCA-rapport om låglegerat stål.

## Sammanfattning

Fortsatt ekonomisk tillväxt är en förutsättning för att på sikt få till stånd ett ekologiskt och socialt hållbart samhälle. Att öka BNP utan att samtidigt öka resursuttag och generera ekologiska konsekvenser är en stor utmaning som kräver såväl teknisk som social ingenjörskonst.

I det föreliggande arbetet har syftet varit att utarbeta en metodik som, förutom de traditionella tekniska och ekonomiska aspekterna, även innefattar miljöaspekter och sociala aspekter vid produktutvecklingen.

Med utgångspunkt i två fallstudier har en arbetsgång vid ekologisk produktutveckling utvärderats. Det kan konstateras att det finns stora brister i underlaget främst vid försök att inkludera sociala aspekter. Vi har ändå, trots dessa begränsningar sökt att testa ovanstående metodik i två praktikfall.

En rad kvalitativa hållbarhetskriterier, baserade på miljö-, ekonomiska och sociala aspekter, har ställts upp för produkterna och efter utvärderingen gentemot dessa kriterier ställs förslag på ytterligare förbättring av produkterna. Alla kriterier utvärderas i ett livscykelperspektiv.

De miljökategorier som undersökts har varit: Utsläpp av tungmetaller, Emissioner av försurande ämnen, Resursuttag exklusive energivaror, Emissioner av växthusgaser, Eutrofieringspotential (övergödning), Marknära ozon och Förbrukning av fossila bränslen.

För ekonomin har inköps- och driftskostnader för produkterna tagits fram.

I rapporten har vi gjort en ansats att inkludera indikatorer för att mäta den sociala påverkan av produkterna. Vi har studerat ett flertal olika metoder som tagits fram för att hjälpa företag att inleda sitt arbete mot en hållbar utveckling. Dessa metoder är inriktade på företagsnivå och det finns idag ingen bra metodik att tillämpa för att utvärdera den sociala påverkan ur ett produktperspektiv. I denna studie valde vi att testa Global Reporting Initiatives indikatorer som i sin sociala del har tagit fram indikatorer för Arbete, Mänskliga rättigheter, Samhällspåverkan och Produktansvar.

Vår främsta slutsats är att de indikatorer som tagits fram av GRI inte är lämpade för att passa in i en produktanalys och de resultat vi fått fram utgör inte ett bra beslutsunderlag. Indikatorerna inom området produktansvar kan dock användas för att analysera produktens påverkan i samhället. I denna studie studerades lyktstolparnas funktion ute på vägarna.

Arbetsmiljön (som i denna studie studerats separat men som är del av indikatorn Arbete i GRI) är också möjlig att använda i ett produktperspektiv och har utvärderats vid produktion av lyktstolpar genom jämförelse av kända fakta om risker, statistik över olycksfall och yrkessjukdomar.

Slutligen kan det konstateras att det i många fall kan vara svårt att hitta rätt utformning av hållbara system om man ej samtidigt gör en analys på en övergripande ”infrastrukturnivå”, t ex för avfallshanteringsystem och trafiksystem, växelvis med studier på produktnivån. Man kan då t ex få fram specifikationer på tekniska produkter som behövs för att möjliggöra ett ur samhällelig synvinkel ekologiskt och socialt motiverat vägval, som t ex förbränning av biobränsle som kräver speciella korrosionsbeständiga material.

## Fallstudierna

De två fallstudierna är:

- Användning av 100 lyktstolpar, i rostfritt stål respektive galvaniserat kolstål, under 100 års tid för två tänkta vägsträckor i Stockholm respektive i Östersund
- 3200 m panntuber av vanligt kolstål och motsvarande rör, utvändigt beklädda med en tunn krom- nickel-molybdenlegering, Sanicro 28, s k compoundtuber. Båda rörtyperna är tänkta att sitta i en avfallsförbränningspanna under 8 års användning

## Resultat av fallstudierna:

### Lyktstolparna

För Stockholmsfallet blev kostnaden för de rostfria stolparna 80 % av kostnaden för de ”vanliga” lyktstolparna. LCA beräkningarna visade lägst utsläpp av växthusgaser, minst bildning av marknära ozon och även minst energiuttag för de rostfria stolparna. Däremot blev förurning och eutrofiering (övergödning) högst för de rostfria stolparna.

Den största arbetsmiljöpåverkande faktorn vid tillverkning av lyktstolpar är brytning av stenkol. Eftersom kolförbrukningen är mindre för det rostfria alternativet blir även arbetsmiljöbelastningen mindre. Vid dessa beräkningar har kolet som används för båda lyktstolparna antagits komma från Polen och Tyskland. Ursprungsländerna för kolet är dock inte kända i detta fall. Brytning och framställning av legeringsmetaller till de rostfria stolparna har sannolikt stor arbetsmiljöbelastning, men trots detta väger den högre kolhalten hos de låglegerade stolparna tyngst i Stockholmsfallet genom kolets negativa arbetsmiljöpåverkan. Skillnaden i arbetsmiljöpåverkan förstärks av att de låglegerade stolparna måste galvaniseras, målas och placeras i betongfundament.

För Östersundfallet blev fördelarna med att använda rostfritt stål mindre, detta berodde på att man p g a mindre korrosion inte behövde byta ut de låglegerade stolparna lika ofta som i Stockholmsfallet.

Den största skillnaden vad gäller övriga sociala faktorer var ett större arbetskraftsbehov för den låglegerade stolpen. Samhällspåverkan och produktansvar visade liknande resultat. Mänskliga rättigheter har varit svårt att analysera p.g.a. informationsbrist, den enda skillnaden som kan nämnas är en större andel importerade råvaror för tillverkningen av den rostfria stolpen. Lyktstolparna har antagits tillverkas i Sverige. Resultaten skulle bli annorlunda om produktionen t ex skedde i Kina eller om analysen baserades på medeleuropeiska data.

### **Panntuberna**

En mycket god ekonomi fås genom att använda komponenttuber bestående av det vanliga kolstålsmaterialet som utvändigt belagts med ett 1,9 mm tunt yttre skikt av en krom-nickel-molybdenlegering, Sandvik Sanicro 28.

De ekonomiska vinsterna fås både av att man slipper extra installationskostnader och av att man slipper de stilleståndskostnader för bland annat drift av ersättningspannor, som oplanerade driftstopp medför.

Miljömässigt blir utfallet mycket beroende av om man jämför med panntuber tillverkade från skrot eller från malmbaserat järn. Om man jämför med ett malmbaserat stålalternativ fås miljöfördelar för resursuttag (räknat i kg), emissioner av växthusgaser och marknära ozon, däremot blir utsläppen av tungmetaller, eutrofierande ämnen och försurande ämnen högre för komponenttuberna. Relativt ett skrotbaserat alternativ ger komponenttuberna högre miljöpåverkan för alla undersökta kategorier (tungmetaller, resursuttag, försurningspotential, emissioner av växthusgaser, eutrofieringspotential, marknära ozon och förbrukning av fossila bränslen).

Om man även tar hänsyn tas till de miljönackdelar som driften av ersättningspannor medför så ökar miljöfördelarna för komponentalternativet väsentligt.

Komponenttuberna och de skrotbaserade låglegerade rören antas här tillverkas i Sverige. Däremot är det malmbaserade låglegerade alternativet baserat på medeleuropeiska data. I analysen har inte hänsyn tagits till miljöpåverkan från molybden, mangan och ferrokisel.

## Innehållsförteckning

Förord	
Sammanfattning .....	1
1 Inledning.....	5
2 Bakgrund .....	6
3 Använd metodik .....	8
4 Förutsättningar och sammanfattning av resultaten för fallstudierna.....	9
4.1 Lyktstolpar .....	10
4.1.1 Resultatet av miljöanalysen .....	13
4.1.1.1 Stockholmsfallet .....	13
4.1.1.2 Östersundsfallet .....	14
4.1.2 Resultatet av den ekonomiska analysen .....	14
4.1.2.1 Stockholmsfallet .....	14
4.1.2.2 Östersundsfallet .....	15
4.1.3 Resultatet av den sociala analysen.....	15
4.1.3.1 Arbetsmiljön.....	15
4.1.3.2 Arbetsmiljön - Lyktstolpar .....	15
4.1.3.3 Övriga sociala faktorer .....	16
4.2 Panntuber.....	17
4.2.1 Pannan för avfallsförbränning .....	18
4.2.1.1 Drift .....	18
4.2.1.2 Korrosion.....	20
4.2.1.3 Driftsstopp.....	21
4.2.1.4 Restprodukter från avfallsförbränningen .....	21
4.2.1.5 Sammanställning av data för panntuber .....	22
4.2.2 Resultatet av miljöanalysen .....	23
4.2.3 Resultatet av den ekonomiska analysen .....	25
4.2.4 Resultatet av den sociala analysen.....	25
5 Diskussion av resultat och metodutveckling.....	25
5.1 Metodiken för sociala effekter.....	26
5.1.1 Slutsatser .....	27
5.1.1.1 Arbetsmiljö.....	27
5.2 Användningen av LCA.....	28
5.3 Uppfylls kraven för morgondagens produkter vid produktdesign? .....	28
5.3.1 Lyktstolpsfallet: Hur står sig den rostfria stolpen gentemot de traditionella stolparna ?.....	29
5.3.2 Kompoundtuberna: Hur står sig dessa gentemot de traditionella tuberna ?.....	31
5.3.3 Nya material .....	32
6 Slutsatser och rekommendationer utifrån den genomförda metodstudien .....	33
6.1 Planerad fortsättning.....	34
7 Referenser.....	35
Bilaga 1. Miljöpåverkan .....	39
Bilaga 2. Ekonomi.....	61
Bilaga 3. Utvärdering av social påverkan.....	65
Bilaga 4. Corrosionsmodel for zink and weathering steel .....	82
Bilaga 5. Transporter inom fallstudien ”Lyktstolpar” .....	84
Bilaga 6. Datinventering för panntuber .....	85
Bilaga 7. Förslag till fortsatt utveckling av indikatorer för jämförelse av alternativen .....	93

# 1 Inledning

Detta arbete har varit inriktat på att utveckla en arbetsmetodik för ekologisk produktutveckling. I denna metodik skall hänsyn tas till såväl miljö, ekonomi som sociala förhållandena. Metodiken skall även kunna användas för att analysera effekter av materialomställningar i samhället i stort.

Två fallstudier med produkter i olika stålmaterial har valts som utgångspunkt för att påbörja arbetet med denna metodutveckling.

Viktiga utgångspunkter vid vårt arbete har varit det pågående utvecklingsarbetet inom EU vad gäller integrerad produkt politik, IPP, och olika initiativ för att öka företagens sociala och etiska ansvar.

Vi har strävat efter att i möjligaste mån innefatta följande faktorer vid vår utvärdering:

- **Miljö kategorier**, har här innefattat tungmetaller, övergödning, försurning, växthusgaser, marknära ozon, förbrukning av ändliga råvaror och uttag av ej förnybara energiråvaror
- **Ekonomiska faktorer**, som här innefattat inköps- och driftskostnader i ett LCC (Livscykelkostnad) perspektiv. I lyktstolpsfallet har vi räknat med att inget underhåll behövts.
- **Sociala faktorer** avseende arbetsmiljö samt ett försök till att utveckla en metodik för att utvärdera övriga sociala aspekter såsom arbetspraxis, mänskliga rättigheter, samhällspåverkan och produktansvar.

Rapporten är uppbyggd så att vi först beskriver bakgrunden till projektet i **kapitel 2**, där också de kriterier som finns för en ekologisk produkt beskrivs. I **kapitel 3** beskrivs kortfattat den använda metodiken. I **kapitel 4** presenterar de olika fallstudierna, här beskrivs också kortfattat resultaten för dessa. Resultaten för fallstudien beskrivs mer ingående i bilagor, miljöpåverkan i **bilaga 1**, ekonomin i **bilaga 2** och den sociala påverkan i **bilaga 3**.

Svårigheter vi haft med att utveckla metodiken beskrivs i **kapitel 5**. I detta kapitel testas även analysvaren vi fått fram relativt de uppställda kriterierna för en ekologisk produktion. Slutsatser från studien redovisas i **kapitel 6**, i vilket även fortsatt planerat utvecklingsarbete beskrivs. **Kapitel 7** innehåller referenser.



## 2 Bakgrund

För att kunna ha en fortsatt ekonomisk välfärdsutveckling är det viktigt att villkoren för ett hållbart samhälle upprätthålls. Ett sätt att möjliggöra en fortsatt tillväxt som är ekologiskt hållbar är att tillverka produkter som är designade för att hålla länge och som lätt kan återskapas i nya produkter. Det är här också viktigt att man analyserar hela den tekniska infrastrukturen i samhället, t ex transporter, värmeförsörjning, boende, livsmedels- och vattenproduktion samt distribution och avfallshantering. Sett i detta perspektiv blir då produktutvecklingen en viktig del som tillsammans med analyser av vägval för en ” ekologisk infrastruktur” möjliggör byggandet av det hållbara samhället.

Komplexiteten ökar dock av att ett land här ej kan agera ensamt, utan hållbara lösningar måste ske i samklang med andra länder. Ett exempel är det mycket diskuterade Kyoto-protokollet för begränsning av växthusgaser och den handel med utsläppsrätter som börjar introduceras i Europa.

IPP, Integrerad Produkt Policy, är exempel på ett annat initiativ som tagits i samverkan av flera länder, i detta fall inom EU just för att flytta fram positionerna vad gäller produktutveckling för ett hållbart samhälle [1].

Vad menas då med ett hållbart samhälle? För att besvara detta görs här nedan en kort beskrivning av dagens hot mot ett hållbart samhälle.

### **Ekologiska hot**

Människan har blivit en ”naturkraft” som menligt påverkar ekosystemet. Farhågor för att en fortsatt expansion och exploatering av naturresurser kommer att påverka den biologiska jämvikten på ett irreversibelt sätt har i många fall besannats. Det gäller då såväl den biologiska mångfalden, där många arter redan har utrotats på grund av människans påverkan av miljön, som påverkan på hela ekosystemet. Växthuseffekten orsakad av människans fossileldning hotar att på sikt förändra hela den meteorologiska jämvikten med svåröverblickbara konsekvenser. Ozonhål, orsakad av freoner och andra nya kemikalier med mycket lång omloppstid i atmosfären, ger fritt tillträde för farliga UV-strålar som kan skada allt liv. Försurning, övergödning av sjöar och hav, förbrukning av grundvattenreservoarer, spridning av toxiska svårnedbrytbara ämnen i miljön, utarmning av resurser och hot om radioaktiva katastrofer orsakas också av mänskliga aktiviteter. Med hållbarhet menas att utsläppen är så små att naturens ”självläkning” kan reparera skadorna.

### **Sociala hot**

I begreppet hållbarhet ingår också en vision om en rättvisare fördelning av jordens resurser. FN deklarerar alla människors lika värde.

Många människor drabbas idag av ohälsa och för tidig död orsakat av skador de utsätts för vid produktionen av de varor och tjänster som vi alla använder.

Många människor lever också i ofrihet utan demokratiska rättigheter. Många är också drabbade av undernäring och analfabetism. Stora delar av södra Afrika är idag drabbade av AIDS.

Krig och terrorhot är för många människor på jorden en del av vardagen.

### **Vision om hur ekologiskt hållbara produkter kan förbättra världen**

Det är naivt att tro att alla problem löses genom att man utformar dagens produkter ur ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv. Det behövs även politiska lösningar, och som nämnts ovan, även en analys och utformning av ekologiska koncept för infrastrukturer. Men utformningen av ekologiska hållbara produkter är en mycket viktig pusselbit för att uppnå det hållbara samhället.

Föreslagna riktlinjer på egenskaper som framtidens produkter bör uppfylla [1]:

- Ha förbättrad prestanda
- Bevara resurser
- Minska avfallsmängden
- Minska föroreningarna
- Minska riskerna
- Passa väl in i fungerande återanvändnings- eller återvinningsystem

Utöver dessa egenskaper vill vi föreslå några ytterligare önskvärda egenskaper

- Ha positiv social påverkan
- Vara ekonomiskt lönsamma

I ett tidigare arbete på IVL har även motsvarande frågeställning för en massakokare beaktats ”Ekologisk produktutveckling, fallstudie massakokare, IVL B 1513”. I denna studie visades att material (rostfritt stål) med bättre prestanda (lägre korrosion, längre livslängd) gav minskad miljöpåverkan (utom för försurningen) och även var mer ekonomiskt i de fall man annars hade kraftig korrosion.

Det visar sig här mycket viktigt att istället för att fokusera på enskilda materials inboende miljö och socio-ekonomiska egenskaper fokusera på de funktioner vi behöver i samhället för att uppnå bästa möjliga välfärd till lägsta möjliga totala kostnad (inbefattande miljökostnaderna).

I denna fortsättningsstudie, behandlande olika stålmaterial i lyktstolpar och panntuber för avfallsförbränning, fördjupas nu arbetet med en metodik för ekologiskt hållbar produktutveckling ytterligare.

### 3 Använd metodik

För de undersökta fallen formulerades systemmodeller, i princip som man gör vid genomförandet av en livscykelinventering. Datasättningen var dock mer omfattande än vid en traditionell livscykelanalys. Förutom parametrar som beskriver resursförbrukning och emissioner har vi så långt möjligt fört in ekonomiska parametrar och parametrar, som beskriver arbetsmiljö, hälsoeffekter och andra sociala effekter, se Figur 1.

Vi har under arbetets gång konfronteras med följande frågeställningar:

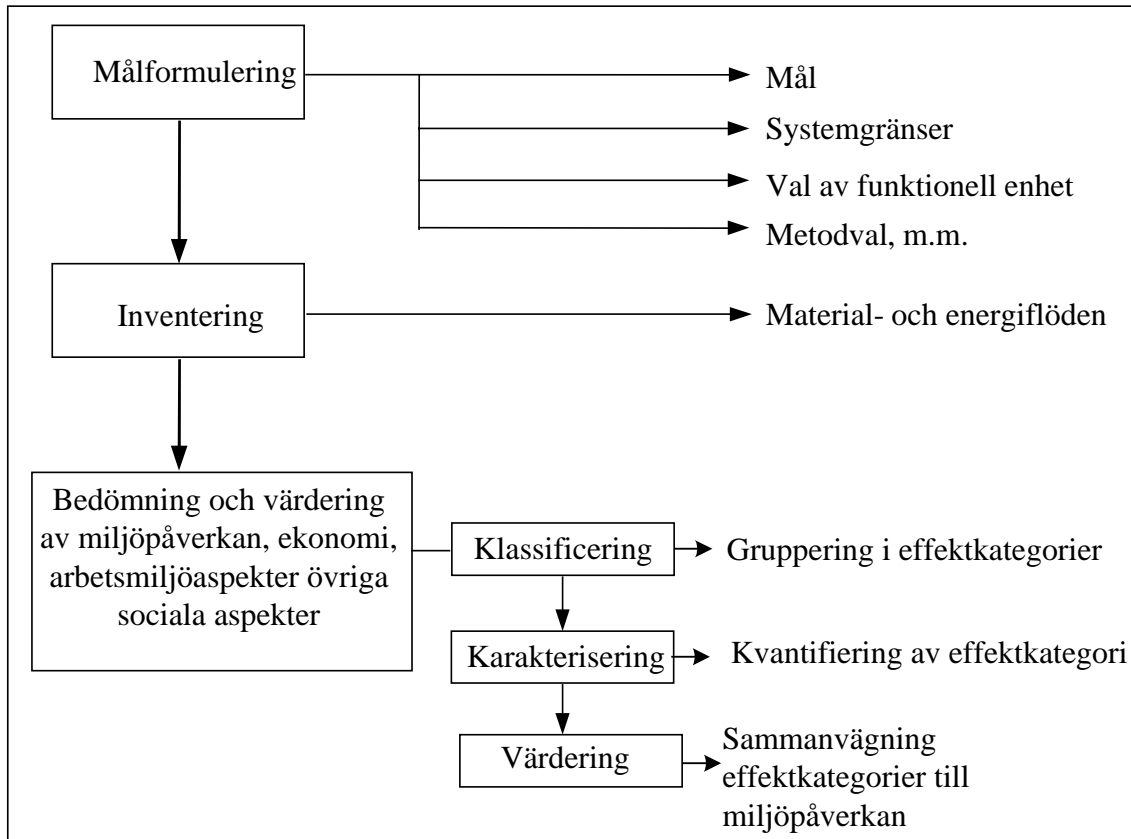
- Val av systemgränser och funktionell enhet.
- Kvantifiering av variabler för arbetsmiljö, hälsoeffekt och andra sociala effekter med avseende på den funktionella enheten.
- Hur får man tillgång till nödvändiga data?

Vi har även diskuterat hur sättet att lösa de ovannämnda problemen påverkar slutsatserna av systemanalysen. Ambitionen har varit att de två fallstudierna om möjligt skall utmynna i en rekommenderad arbetsmetodik för att genomföra en systemanalys vid ekologisk produktutveckling.

I Figur 1 nedan illustreras schematiskt arbetsgången vid den utvidgade livscykelanalysen.

Vi kommer i detta arbete främst koncentrera oss på att få fram ett bra underlag för en senare värdering, d.v.s. karakteriseringen av de olika effektkategorierna.

För hälsoeffekterna t ex arbetsmiljöskador finns det redan idag föreslagen metodik för att ”länka” arbetsmiljöskadorna fysiskt till produktionen [19, 20, 21, 22]. Andra sociala aspekter kan vara svårare att fysiskt allokera till en produkts livscykel. För samtliga sociala aspekter finns dock stora svårigheter vad gäller insamlandet av information om framförallt produktionsförhållandena i utvecklingsländer.



Figur 1. Arbetsgången i en utvidgad livscykelanalys där även ekonomi, arbetsmiljöaspekter och övriga sociala aspekter ingår. Fokus har legat på klassificering och karakterisering.

En enkel kvantifiering har gjorts i diskussionsform där de undersökta produkterna:

- 1) bedöms utifrån de inledningsvis uppställda kriterierna för ekologiska produkter
- 2) förslås förbättras utifrån den ekologiska hållbarhetsanalysen

## 4 Förutsättningar och sammanfattning av resultaten för fallstudierna

Två olika fallstudier har genomförts för alternativa koncept och materialval för lyktstolpar respektive för panntuber.

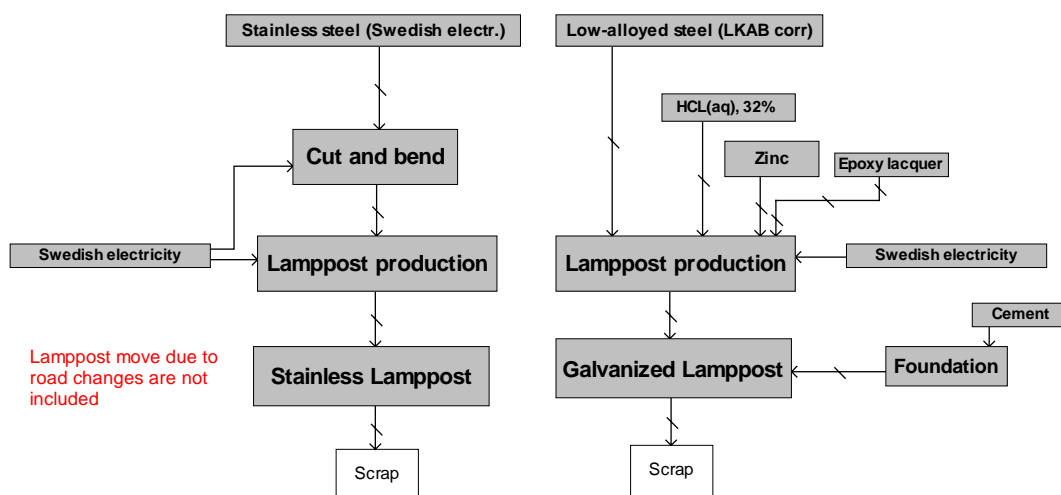
För lyktstolparna har vi valt att jämföra en traditionell lyktstolpe för landsväg, med ett betongfundament, med en motsvarande rostfri lyktstolpe. Det visar sig här att den rostfria stolpen inte behöver något betongfundament, då den dels står väl emot markkorrosionen och dessutom ej behövs stabiliseras med en motvikt då den endast väger ca hälften av den vanliga stolpen.

För panntuberna har vi jämfört tuber i vanligt låglegerat, ”svart” stål med sk compoundtuber. Compoundtuben består av en vanlig tub där den yttre rökgasexponerade ytan beklätts med ett tunt lager av en krom-nickel-molybden-legering som motstår de svåra korrosiva förhållandena i pannan betydligt bättre.

## 4.1 Lyktstolpar

I scenariot med lyktstolparna har två svensktillverkade stolpar studerats. En i låglegerat stål som varmförzinkats och har ett betongfundament och en i rostfritt stål utan fundament. Dessa stolpar placeras på två tänkta vägsträckor i Stockholm respektive i Östersund i 100 år. De låglegerade stolparna kommer att behöva bytas ut med jämna mellanrum, olika ofta beroende på placeringen, då korrosionen är lägre i Östersund. Livslängden i Stockholm antas vara 40 år, i Östersund 80 år.

Lyktstolparna är av eftergivlig typ, dvs sådana som deformeras vid krock, med höjden 12 meter och med en arm för armaturen på 2,5 meter. Systemet återges i Figur 2. Så långt det varit möjligt har vi satt upp systemet så att det motsvarar befintlig lyktstolpproduktion.



Figur 2. Schematisk bild över produktion och användning av två stolptyper, en i galvaniserat stål med ett betongfundament och en i rostfritt stål utan fundament. Stålmodulerna omfattar såväl råvaror och energi ända tillbaka till gruvor/resursuttag.

Den ena lyktstolpen väger 182 kg och är utförd i låglegerat stål som varmförzinkats. Mängd zink per stolpe är cirka 10 kg. Stolpen sitter fast i ett betongfundament. Vikten på fundamentet är 220 kg. Cirka 2 % av fundamentet består av armeringsjärn (detta lilla bidrag har dock försumrats i miljöanalysen). Stolpen är målad 1 meter längst ner med en järnglimmerepoxfärg. Produktionsort för stolpen antas i denna studie vara

Smålandsstenar, där man idag har produktion av varmförzinkade stålkonstruktioner. Vi har antagit att råvarorna kommer från en svensk ståltillverkare.

Den andra stolpen är utförd i rostfritt stål och här används inget betongfundament utan stolpen sticker ner en bit i marken (1,5 meter). Anledningen till att man här inte behöver något fundament är dels den lättare konstruktionen, dels att rostfritt stål bättre motstår markkorrosionen. Totala längden blir därför 13,5 meter. Vikten på denna stolpe är 100 kg. Förutom tillklippning och bockning av plåten, som görs i Mellansverige, tillverkas denna typ av stolpe i Skellefteå. Även det rostfria stålet tillverkas i Sverige.

I Tabell 1 framgår den ungefärliga sammansättningen på konstruktionsstålen som använts.

Tabell 1. Sammansättningen på de konstruktionsstål som använts i lyktstolparna

Ståltyp	Fe %	Cr %	Ni %	Mn %	Mo %
Rostfritt stål	71,8	23	4,8	ej spec.	0,3
Låglegerat stål	99	max 0,104	max 0,104	0,6	max 0,054

I denna studie jämförs de två stolpalternativen på två olika platser i landet, Stockholm och Östersund. Detta val gjordes med avsikt att studera eventuella effekter av skillnader i korrosionshastighet mellan de två orterna.

Den rostfria stolpen korroderar mycket långsamt och den tekniska livslängden anses för denna vara minst 100 år. Korrosionen har visats vara 0,25-0,3 mg Cr /m<sup>2</sup> och 0,7-0,8 mg Ni /m<sup>2</sup> per år för en rostfri provyta vilken exponerats för utomhusmiljön i Stockholm [2]. Även Nickelinstitutet (NiDi) anser livslängden för stolpar i rostfritt stål som mer än 100 år. Den låglegerade stolpen har betydligt kortare teknisk livslängd. I denna studie valdes ett tidsperspektiv på 100 år, vilket innebär att den rostfria stolpen inte behöver bytas ut, medan den låglegerade stolpen måste bytas ut en eller flera gånger under perioden. En invändning mot detta förfaringssätt kan vara att om man tittar 50 år tillbaka i tiden har få vägar överlevt i sin dåvarande form. Vi gör här antagandet att lyktstolpar som håller längre än vägen kan flyttas till en ny väg utan att behöva skrotas. Miljöpåverkan i samband med en eventuell flytt av lyktstolpar har inte tagits med i denna studie.

Den galvaniserade stolpen, där skiktjockleken av zink är 100 µm har uppskattats ha livslängden 80 år i Östersund och 40 år i Stockholm. Den årliga zinkkorrosionen har beräknats till ca 4 g/m<sup>2</sup> i södra Sverige och ca 2 g/m<sup>2</sup> i Norrland. Dessa beräkningar är baserade på en modell där såväl luftfuktighet, regnmängd, pH i regnvattnet, årsmedeltemperatur och SO<sub>2</sub>-halt tagits med. Modellen är baserad på ett flerårigt mätprogram på provplåtar utsatta i olika länder [3, 4]. Livslängden för de varmförzinkade stolparna har

nu uppskattats från såväl praktiska erfarenheter som från ovanstående teoretiska modell. För beräkning av livslängden, se bilaga 4.

De beräkningar som har genomförts avser användning av 100 lyktstolpar, med alternativ konstruktion, under 100 år. Om vi antar att det är 60 meter mellan varje stolpe så motsvarar detta belysning av en vägsträcka på 6 km.

**Funktionell enhet, dvs. räknebas, är således 100 stycken stolpar för en belyst vägsträcka på 6 km, under en tid av 100 år.**

Detta innebär att det totala antalet lyktstolpar blir större om livslängden är kortare. Vid en livslängd om 40 år (Stockholmsfallet med låglegerade stolpar) har vi här för LCA-delen och för den sociala delen räknat med att det totalt sett behövs 250 lyktstolpar. Detta innebär i princip att man räknar bort hälften av de 100 stolpar som fortfarande är intakta efter 100 år, beroende på att de har en kvarvarande livslängd om 20 år.

Hänsynstagande i LCA-beräkningarna till skrot som råvara i ståltillverkningen och som restmaterial efter uttjänta produkter diskuterades ingående i projektet. Diskussionen resulterade i beslutet att betrakta skrotråvara som en fri nyttighet. Ingen miljöbelastning från tidigare processer i skrotets livscykel belastar lyktstolparna. Analogt betraktas skrotet från uttjänta lyktstolpar som en produkt utan värde, dvs. skrotet är inte ett avfall, men ingen miljöbelastning från tillverkning och användning av lyktstolparna allokeras till produkter, som eventuellt kan tillverkas av skrotet. Detta betraktelsesätt avviker från behandlingen av skrot i de ekonomiska beräkningarna nedan, men ansågs ändå vara den metod som med en rimlig ansträngning gav den mest rättvisande bilden av lyktstolpens miljöpåverkan. (Skrotets såväl ursprung som öde är okänt).

För ekonomin har vi på samma sätt räknat med att 250 låglegerade lyktstolpar totalt använts, 100 från början och 100 nya efter 40 år respektive ytterligare 100 nya efter 80 år. Restvärdet efter 100 år, som fås tillbaka, anses då motsvara hälften av nypris, (här avses då värdet för de lyktstolpar som fortfarande är i bruk efter 100 år). I de fall man skrotar lyktstolpen under 100 års-perioden har vi tagit hänsyn till skrotvärdet. Rostfritt material har ett skrotvärde som är högre än skrotvärdet för kolstål.

För fallet med livslängden 80 år, (Östersundsfallet med låglegerade stolpar) gäller på motsvarande sätt att vi räknat med en total användning om 125 stolpar.

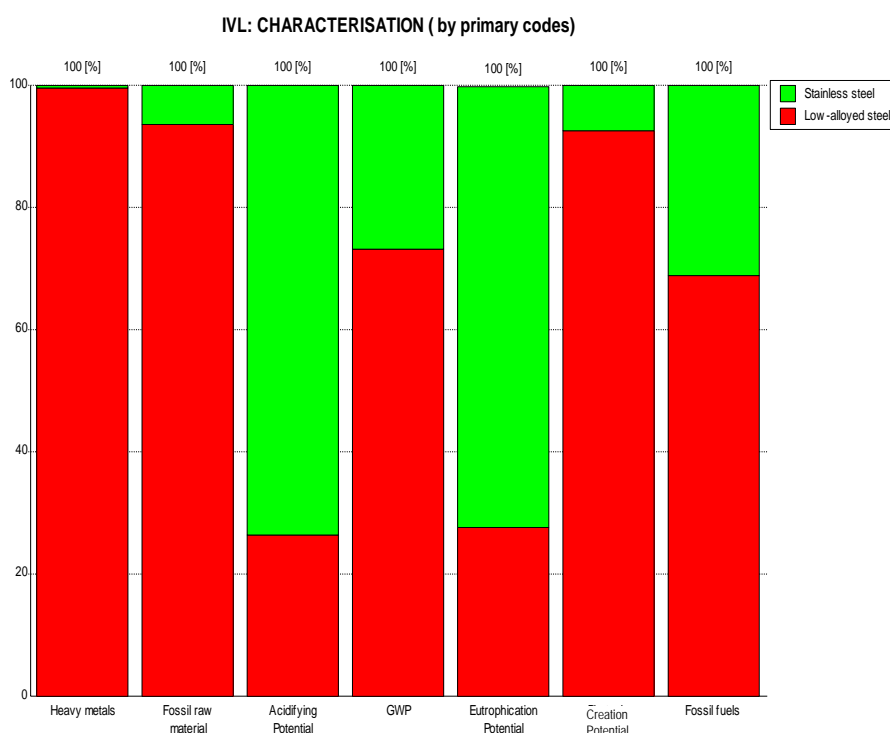
En alternativ beräkningsmetod vore att använda den s k trappstegsmodellen, denna innebär att de olika påverkanskategorierna ökar trappstegsvis vid tidpunkterna då stolparna byts (efter t ex 40 och 80 år) och att ingen påverkan räknas bort p g a att stolparna har en teknisk möjlig livslängd kvar efter 100 år.

#### 4.1.1 Resultatet av miljöanalysen

Dessa beräkningar redovisas i detalj i avsnittet ”Bilaga 1. Miljöpåverkan”

##### 4.1.1.1 Stockholmsfallet

LCA beräkningarna visade lägst utsläpp av växthusgaser, minst bildning av marknära ozon och även minst energiuttag för de rostfria stolparna. Däremot blev försurning och eutrofiering (övergödning) högst för de rostfria stolparna. Tungmetallutsläpp och resursuttag dominerar för de låglegerade stolparna.



Figur 3. Relativ påverkan i respektive kategori då stolparna placeras i Stockholm.

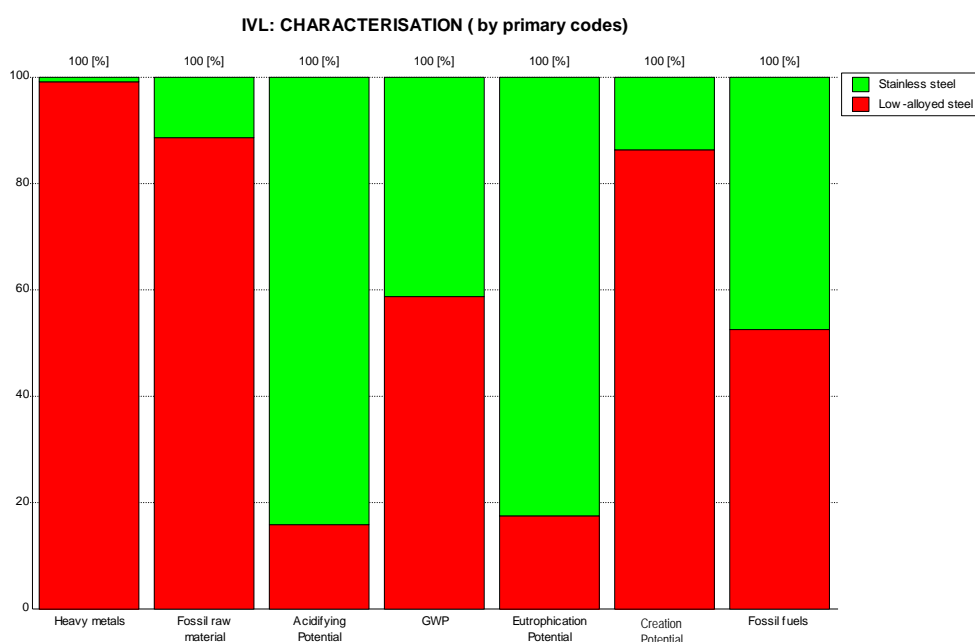
Om vi gör det hypotetiska antagandet att de låglegerade lyktstolparna tillverkats med 50 % inblandning av skrotbaserat stål skulle man fått ca 40 % lägre energiförbrukning, ca 40 % lägre utsläpp av växthusgaser och nästan 50 % lägre marknära ozon.

Fördelen för det rostfria alternativet skulle då blivit mindre, men fortsatt övervägt i Stockholmsfallet. Tillverkning av låglegerade lyktstolpar helt eller delvis från skrotbaserat stål förekommer dock inte idag.



#### 4.1.1.2 Östersundsfallet

I Östersundsfallet får de låglegerade stolparna en bättre miljöprofil än motsvarande stolpar i Stockholm (då de antas hålla 80 år istället för 40 år). Detta innebär att de rostfria stolparna relativt sett ej är lika fördelaktiga här som i Stockholmsfallet. Fortsatt dominerar dock utsläppen av tungmetaller, resursuttag och utsläppen av ämnen som ger upphov till marknära ozon för de låglegerade stolparna liksom de försurande och eutrofierande (övergödande) utsläppen fortsatt dominerar för de rostfria stolparna. Utsläppen av växthusgaser respektive förbrukningen av fossil energi är här ungefär lika stora för de båda stolparna.



Figur 4. Relativ påverkan i respektive kategori då stolparna placeras i Östersund.

#### 4.1.2 Resultatet av den ekonomiska analysen

*Dessa beräkningar redovisas i detalj i avsnittet "Bilaga 2, Ekonomi"*

##### 4.1.2.1 Stockholmsfallet

Den ekonomiska analysen visar att det är ekonomiskt fördelaktigt att använda de rostfria stolparna under förutsättningen att de kan användas under 100 år. I tabellen nedan visas den årliga annuiteten vid 4 % kalkylränta.

Rostfri stolpe	Varmförzinkad stolpe
40,8 kSEK	50,7 kSEK

#### **4.1.2.2 Östersundsfallet**

##### **Östersund**

Motsvarande beräkning med 4 % kalkylränta i Östersundsfallet, där den varmförzinkade stolpen antas hålla mycket längre än i Stockholmsfallet, visar fortsatt fördel för det rostfria alternativet, men skillnaden blir här marginell.

Rostfri stolpe	Varmförzinkad stolpe
40,8 kSEK	42,0 kSEK

#### **4.1.3 Resultatet av den sociala analysen**

*Dessa beräkningar redovisas i detalj i avsnittet "Bilaga 3, Utvärdering av social påverkan"*

##### **4.1.3.1 Arbetsmiljön**

Den sociala arbetsmiljöbelastningen har utvärderats enligt en metod som utvecklats vid IVL. Det finns alternativa metoder. Fördelarna med den valda metoden är att delar av underlaget till LCA för yttre miljö även kan användas till LCA för arbetsmiljön och att metoden är anpassad till svensk yrkesskadestatistik. Metoden testades på de två lyktstolpsfallen. Det visade sig vara svårt att få fram statistik över olycksfall och yrkes-sjukdomar från framställning av råvaror i utvecklingsländer.

##### **4.1.3.2 Arbetsmiljön - Lyktstolpar**

Trots stora brister i data kan det konstateras att rostfria lyktstolpar har mindre arbetsmiljöpåverkan än stolpar av låglegerat stål om stolparna skall placeras i Stockholm. Placeras lyktstolparna i Östersund ger analysen ungefär lika arbetsmiljöpåverkan i de båda fallen.

Här bör påpekas att det eventuellt skulle kunna gå att se en skillnad mellan fallen i Östersund om vi hade bättre arbetsmiljödata, vi har idag dataluckor framförallt vad gäller framställningen av legeringsmetaller.

Påpekas bör dock att vi här antagit att kolet kommer från gruvor i Tyskland och Polen (underjordsgruvor i huvudsak). Om kolet istället kommer från länder med stor andel dagbrott, t.ex. Australien, skulle arbetsmiljöbelastningen minska kraftigt.

### **Stockholmsfallet**

Låglegerad stolpe i Stockholm har den största negativa arbetsmiljöbelastningen av stolpalternativen. Framst vid råvaruproduktionen är arbetsmiljöbelastningen större för de låglegerade stolparna som placeras i Stockholm. Anledningen är den korta livslängden, som medför att fler stolpar behöver tillverkas.

Den största arbetsmiljöpåverkande faktorn vid tillverkning av lyktstolpar är brytning av stenkol. Eftersom kolförbrukningen är mindre för det rostfria alternativet blir även arbetsmiljöbelastningen mindre. Skillnaden i arbetsmiljöpåverkan förstärks av att de låglegerade stolparna måste galvaniseras, målas och placeras i betongfundament samt att arbetet måste upprepas på grund av den kortare livslängden.

### **Östersundsfallet**

Skillnaden mellan den låglegerade och den rostfria stolpen är betydligt mindre för Östersundsfallet. De faktorer som tagits fram i studien tyder på att rostfritt är ett bättre alternativ även i Östersund. Samtidigt finns brister i data från framställning av legeringsämnen som belastar de rostfria mer än den låglegerade stolpen. Även energiförbrukningen kan påverka utfallet. Bristerna i data gör att det inte med säkerhet går att fastslå vilket alternativ som är att föredra om bedömningen enbart gäller arbetsmiljöbelastningen.

#### **4.1.3.3 Övriga sociala faktorer**

Vad gäller övrig social påverkan har vi här gjort ett första försök att ta fram en metodologi för att titta på sociala indikatorer i ett produktperspektiv. Vi har använt oss av indikatorer som tagits fram av Global Reporting Initiative och formulerat om dem så att de bättre passar in i ett produktperspektiv. I de jämförelser vi gjort har vi enbart tittat på det s.k. Stockholmsfallet.

Vår främsta slutsats är att de indikatorer som tagits fram av GRI inte är lämpade för att passa in i en produktanalys och de resultat vi fått fram utgör inte ett bra beslutsunderlag.

De resultat vi fått fram med hjälp av den föreslagna metodiken visade ett större behov av arbetskraft för tillverkningen av den låglegerade stolpen, vilket beror på att mer stål behövs samt att stolpen byts ut fler gånger under en hundraårsperiod. Övriga arbets-

relaterade aspekter visade sig ganska lika för de två stolpfallen, vilket också gäller aspekter som rör företagets eller produktens påverkan på samhället.

De mänskliga rättigheterna såsom barn- och tvångsarbete har vi inte kunna följa upp, då vi inte haft information om leverantörerna. För att få fram någon typ av jämförelse har vi utgått från information varifrån råvarorna inhandlas, där skillnaden låg i att förbrukningen av importerade råvaror från andra delar av världen är större för den rostfria stolpen än de råvaror som är nödvändiga för legeringen i det låglegerade stålet.

De indikatorer som främst är lämpade och användbara i ett produktperspektiv är de som tas upp under produktansvar, där diskussionen rör sig runt lyktstolpens funktion ute på vägarna. I vårt resultat skiljer sig inte lyktstolparnas funktion, stolparna är lika eftergivliga och ger därför lika "lindriga" skador vid en krock. Enda skillnaden är att fler trafikstörningar kan uppstå för de låglegerade stolparna då de behöver bytas ut oftare.

## 4.2 Panntuber

I denna studie jämförs konstruktion och användning av tre olika typer av panntuber för avfallsförbränningspannor. Utgångspunkten är en ny avfallspanna, där man använder komponenttuber i vissa delar av vattenväggen som är mest utsatta för korrosion och inte skyddas på annat sätt, motsvarande ca 10 % av totala panntuberna.

Komponenttuberna består av både låglegerat stål, 4L7, och ett yttre lager av en 1,9 mm rostfri stållegering, Sanicro 28. Rören har en inre diameter på 47 mm och en total yttre diameter på 60,3 mm. Användning av dessa rör jämförs med två teoretiska fall med rör av endast låglegerat stål, varav produktionen i det ena fallet är skrotbaserad och för det andra fallet är malmbaserad. Dessa rör antas ha samma dimension som komponenttuberna. Dessa två fall valdes för att ge bild av de två processvägarna, skrotbaserad respektive malmbaserad produktion.

### Vår studie omfattar användning av 3200 meter panntuber under 8 års tid.

Nedan visas den kemiska sammansättning för Sanicro 28-legeringen och 4L7 som används i komponenttuberna.

Stål	EN-nr	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
Sanicro 28	1.4563	≤0,020	≤0,7	≤2,0	27	31	3,5	1,0	Rest
4 L7	P265GH	0,2	0,3	0,7	≤0,2	≤0,25	-	-	Rest

Nedan visas den kemiska sammansättningen i vikts % för de låglegerade, skrotbaserade rören. Kolhalten är något högre än för 4L7, men bedöms inte påverka LCA-analysen.

Stål	EN-nr	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
Hofors	–	≤0,5	≤0,3	≤0,6	0,2	0,2	-	-	Rest

För de låglegerade, malmbaserade rören har vi antagit att sammansättningen motsvarar den som gäller för 4L7-stålet.

I praktiken kommer de låglegerade rören sannolikt både från skrotbaserad och malmbaserad råvara. Detsamma gäller för kompondrörens innerkomponent. Hanteringen av skrot i LCA-beräkningarna har beskrivits i kapitlet om lyktstolpar.

Fördelningen mellan skrotbaserad respektive malmbaserad ståltillverkning globalt framgår av nedanstående tabell. Då även malmbaserat stål innehåller en viss del skrot (10-20 %) betyder det att skrotandelen i tillverkat stål, som medelvärde, ökar från tabellens värde på ca 38 % till 44-50 %.

Tabell 2. Data från IISI, kton stål producerat år 2002

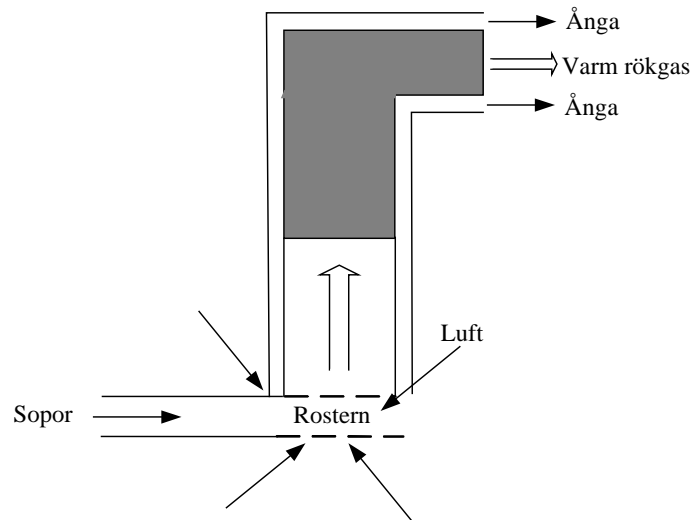
Skrotbaserat stål (EAF+OHF)	Malmbaserat (BOF)	Övrigt	Totalt
339 000	540 200	20 000	899 200
37,7 %	60,1 %	2,2 %	100 %

## 4.2.1 Pannan för avfallsförbränning

### 4.2.1.1 Drift

Pannan som analyserats motsvarar i stort sett panna 1 vid Renova i Göteborg. Denna panna är byggd för att förbränna 15 ton avfall per timme. Det genomsnittliga energivärdet för avfall är i denna panna ca 3 MWh/ton. Under 8 års tid kan pannan nu maximalt antas förbränna 940 000 ton avfall vilket då genererar ca 2,6 TWh energi exklusive energin från rökgaskondensering.

Förenklat kan processen beskrivas enligt Figur 5.



Figur 5 Soporna matas in från vänster och förbränns på rostern. Luft som behövs för förbränningen kommer in underifrån och från sidorna för att få så fullständig förbränning som möjligt. Pannans väggar är klädda med rör, se bilden nedan. I rören upphettas vatten till ånga med hjälp av de varma rökgaserna. Kompoundrören är installerade i den övre "skuggade" delen. Ångans temperatur ges av panntrycket. I Renovas 45 bars panna är temperaturen ca 260°C. Metalltemperaturen är ca 50°C högre. Rökgasernas temperatur ovanför rostern är mellan 850 -1000°C och sjunker sedan vartefter de strömmar bakåt i pannan. De s.k. överhettarna, ligger längre bak i pannan där rökgas-temperaturen är lägre. Ångan överhettas i dessa till ca 400°C.

I nedersta delen av pannan där avfallet förbränns har man temperaturer på cirka 1000°C och värmen övergår till pannväggarna främst genom strålning. Panntuberna är beklädda med cirka 30 mm tjocka korrosionsskyddande kiselkarbidplattor. I den aktuella pannan har man ovanför plattorna installerat korrosionsbeständiga kompoundtuber. Invändigt består dessa av vanligt stål, utvändigt av den rostfria legeringen. Anledningen till att man inte har solida rostfria tuber är risk för sprickbildning i rostfritt stål som utsätts för het ånga.

Rören innehåller vatten och ånga vid högt tryck (45 bar). Ångan används för att driva en turbin som genererar el, varvid ångan kyls och trycket minskas. För att öka energiutbytet produceras också fjärrvärme. Det totala energiutnyttjandet kan bli så högt som 85 %. Ju högre temperatur man kan jobba vid, desto högre elutbyte möjliggörs. (Hela anläggningen inklusive rök-gaskondenseringen med värmeabsorption kan ge mer än 100 % energiutbyte på det sätt man inom branschen beräknar utbytet).



Figur 6. Bilden visar en vattenvägg i en av Renovas pannor. Det är bara ena sidan av panelväggen, insidan, som exponeras mot de korrosiva rökgaser vilka bildas vid förbränningen av soporna. I bildens nederdel syns de med kiselkarbidmassa skyddade kolstålsrören. Kiselkarbidmassan skyddar mot korrosion men minskar samtidigt värmeöverföringen. Ovanför massan syns de oskyddade kompondrören, efter i detta fall 4 års drift.

#### 4.2.1.2 Korrosion

Vid 45 bars tryck fås en metalltemperatur  $>300\text{ °C}$  vilket gör att korrosionen blir kraftig vid avfallsförbränning. Korrosionen blir högre vid ökande temperatur på rökgaserna och vid ökande innehåll av bland annat metallklorider i dessa. Såväl materialtester som praktiska mätningar har visat betydande skillnader i korrosionshastigheten för olika pannor varför den exakta korrosionshastigheten aldrig kan förutses. Dessutom korroderar inte materialet jämnt över den utsatta ytan utan snarare fläckvis. Maximal korrosion för kolstålet skattas till 2 mm per år. Motsvarande siffra för den rostfria legeringen på kompondtuberna skattas till 0,25 mm per år. För att kompensera för den fläckvisa uppkomsten av korrosion antas vid beräkning av mängd korrosion i denna studie att den totala genomsnittliga korrosionen motsvarar 25 % av maximal korrosion, jämnt fördelad över rörens utsatta yta. (Endast ena sidan av tuberna i en pannvägg är exponerad för pannans gaser). Det betyder att vi räknar med en genomsnittlig korrosionshastighet av 0,0625 mm/år.

Beräkningarna för det låglegerade alternativet har gjorts för rör med en tjocklek på 6,0 mm och med en yttre diameter på 60,3 mm. (Renova använder dock låglegerade rör med godstjocklek på 5 mm). Den kritiska tjockleken för röret antas vara 2-3 mm. Livslängden för rören av låglegerat stål bli någonstans mellan 0,5-10 år, beroende på var i pannan de sitter.

Vi antar här att de låglegerade rören i snitt byts ut vartannat år i de mest korrosionsutsatta områdena av pannan.

Motsvarande komponenttuber (4,6 mm kolstål + 1,9 mm legering) har en uppskattad livslängd någonstans mellan 5-9 år. På mindre utsatta ställen kan livslängden vara upp till 25 år för komponenttuberna. Vi har i LCA beräkningarna antagit att komponenttuberna håller 8 år, för ekonomin har vi räknat på två alternativ, 5 respektive 8 år. (Komponenttuberna sitter endast i de mest korrosionsutsatta delarna).

#### **4.2.1.3 Driftsstopp**

Pannan stoppas totalt cirka 4-6 veckor per år för översyn och eventuellt utbyte av panntuber. Vid stopp av anläggningen måste man stödeldas med olja under både nedsläckning och uppstart, p.g.a. miljöskäl, vilket motsvarar ungefär 50 % stödeldning med olja under ett dygn. (Oljans energivärde är ca 42 MJ/kg jämfört med det genomsnittliga energivärdet för avfall på ca 10 MJ/kg. Kostnaden för ett oplanerat stopp har beräknats till ca 400 000 SEK per dygn i snitt. (Under eldningssäsongen oktober - april är intäktsbortfallet ca 440 000 SEK per dygn, övrig tid ca 300 000 SEK). Detta motsvarar främst kostnader för utebliven försäljning av el och värme. För Energibolaget innebär bortfallet av eldningsenergi med avfall att man måste använda naturgas som ersättning. Efter stopp av anläggningen tvättas man rören manuellt och även med hjälp av robot med högtryckspolning och själva eldstaden rengörs från slagg och slitna skyddsmassor ersätts med nya.

Vid stillestånd ersätts avfallsenergin med förbränning i naturgasvärmeverk, därvid fås en ökning av bland annat utsläpp av växthusgaser.

Antalet oplanerade stillestånd under en 8 årsperiod kan enligt uppgifter från Renova vara så högt som ett driftstopp per år, eller totalt 8 stopp, motsvarande 28 dygn, för vanliga låglegerade panntuber, (varje driftstopp kan enligt uppgifter från Renova vara mellan 3-4 dygn). För komponenttuberna räknar man med mellan 0-2 oplanerade stopp under en 8 årsperiod. Vi har här antagit att man kommer få ett oplanerat stopp på 3,5 dygn under en 8 årsperiod. Detta antagande är baserat på erfarenhet och kvalificerad uppskattning från Renovas sida.

#### **4.2.1.4 Restprodukter från avfallsförbränningen**

Restprodukterna består dels av slagg, dels av rökgasstoff som avskiljs i rökgasreningen, motsvarande cirka 18 % respektive 4 % av ursprunglig vikt. Under 8 års drift innebär det nu en produktion om 160 000 ton slagg respektive en bildning av 37 000 ton rökgasstoff från denna panna. Rökgasstoffet blandas med slam från vattenrening och deponeras



som farligt avfall. Troligen kommer huvuddelen av korrosionsprodukterna från pann-  
tuberna att hamna i rökgasstoffet.

Större delen av slaggen återanvänds i form av slaggrus, ett grusliknande, inert material.  
Detta används till exempel som fyllnadsmaterial vid vägbyggen. Det finns också 2-5 %  
metallskrot i slaggen som avskiljs med magnetseparering och återanvänds, [11, 12, 13,  
14, 15 ].

Vid användning av komponenttuber med Sanicro 28 blir den mängd tungmetall  
(huvudsakligen krom och nickel), som tillförs rökgasstoffet genom korrosion, cirka 0,7  
ton under en 8 årsperiod.

#### **4.2.1.5 Sammanställning av data för panntuber**

I tabellen nedan sammanställs nu data för den aktuella panna vid Renova som vi stude-  
rat. I tabellen nedan beskrivs en del av underlaget för våra beräkningar.

Materialbalans för komponenttuberna och för de låglegerade avfallsförbränningsrören under 8 års drift.

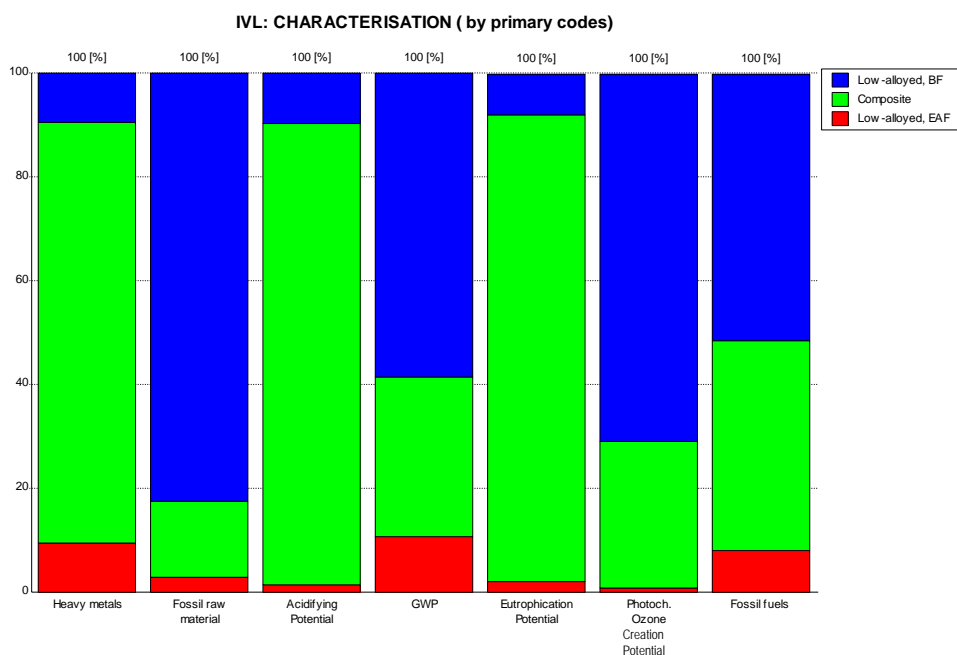
Jämförelse komponenttuber och låglegerade rör		
<b>Panna vid 45 bar</b>	Komponenttuber	Låglegerade rör
3200 m rör	6,45 mm tjock, varav 1,9 mm Sanicro 28. 60,3 mm yttre diameter	Dimensionen antas motsvara komponenttuberna
Utvändig area m <sup>2</sup>	640 m <sup>2</sup>	640 m <sup>2</sup>
Vikt	20,2 ton stål + 9,0 ton Sanicro 28	29 ton stål
Korrosionshastighet, maximalt	Ca 0,25 mm/år ( Spann 0,1 –0,4 mm/år) maximalt	ca 2 mm/år ( kan vara högre )
Korrosion	0,0625 mm/år på 320 m <sup>2</sup> yta (endast halva rörytan exponeras för korrosiva gaser)	0,5 mm/år på 320 m <sup>2</sup> yta (endast halva rörytan exponeras för korrosiva gaser)
Korrosions avgång under 8 års tid	1,25 ton Sanicro 28	9,0 ton stål
Livslängd	8 år	2 år
Kostnad för vattenvägg inkl installation per m rör	19,2 –20,8 MSEK ( 6000 –6500 SEK/m rör)	9,6 –11,2 MSEK ( 3000 –3500 SEK/m rör )
Stilleståndskostnad per dygn (medelvärde under året)	394 000 SEK	394 000 SEK
Byte av vattenvägg	Vart åttonde år	Skär vartannat år
Risk för oplanerade stillestånd under en 8-årsperiod orsakat av rörbrott	1 stopp (spann 0-2)	8 stopp
Uppskattat antal dygn stillestånd på 8 års tid	I kalkylen räknas med 3,5 dygn (spann 0-8 dygn).	I kalkylen räknas med 28 dygn (spann 24-32 dygn)
Mängd utvunnen energi ur hela anläggningen (Panna)* under 8 års drift ca	2,9 TWh	2,9 TWh
Mängd behandlade sopor för hela anläggningen (Panna 1)	940 000 ton under 8 årsperioden	940 000 ton under 8 årsperioden

\* inklusive rökgaskondensering

#### 4.2.2 Resultatet av miljöanalysen

*Dessa beräkningar redovisas i detalj i avsnittet ”Bilaga 1, Miljöpåverkan”*

Miljömässigt blir utfallet mycket beroende av om man jämför med panntuber tillverkade från skrot eller från malmbaserat järn, se Figur 7.



Figur 7 Relativ påverkan i sju effektkategorier för rör tillverkade av malmbaserat (BF) respektive skrotbaserat (EAF) låglegerat stål samt för komponentrör.

Om man jämför med ett malmbaserat låglegerat stålalternativ fås miljöfördelar för resursuttag (räknat i kg), emissioner av växthusgaser och marknära ozon, däremot blir utsläppen av tungmetaller, eutrofierande ämnen och försurande ämnen högre för komponenttuberna. Relativt ett skrotbaserat låglegerat alternativ ger komponenttuberna högre miljöpåverkan för alla undersökta kategorier (tungmetaller, resursuttag, försurningspotential, emissioner av växthusgaser, eutrofieringspotential, marknära ozon och förbrukning av fossila bränslen).

Om vi förutom de direkta miljökonsekvenserna från produktionen av komponenttuberna även beaktar den miljönytta som förväntas genom ett minskat stillestånd och därmed ett minskat behov av förbränning av fossilt ersättningsbränsle (naturgas) så fås en ytterligare stor fördel av minskande växthusgasutsläpp relativt vanliga tuber. En annan fördel med komponenttuber är möjligheten att köra pannan vid högre tryck och temperaturer vilket ger ett bättre energiutnyttjande av bränslet.

Det som talar emot komponenttuberna ur ett miljöperspektiv förutom ovan nämnda kategorier (försurning, eutrofiering, tungmetallutsläpp), är förbrukningen av nickel, krom och molybden (som korroderar bort i pannan), där speciellt molybden är en resursknapp råvara. Här får man väga olika samhällsaspekter mot varandra, (förbrukning av sällsynta metaller och ökande utsläpp av försurande gaser mot ekonomisk nytta och minskande utsläpp av framförallt växthusgaser).

### 4.2.3 Resultatet av den ekonomiska analysen

*Dessa beräkningar redovisas i detalj i avsnittet "Bilaga 2, Ekonomi"*

En mycket god ekonomi fås genom att använda komponenttuber (bestående av ett vanligt kolstålsmaterial men med ett 1,9 mm tunt yttre skikt av en krom-, nickel-, molybdenlegering, Sandvik Sanicro 28). I tabellen nedan redovisas den årliga annuiteten för de två typerna av panntuber, vi har här räknat med en kalkylränta på 4 %.

Komponent	Låglegerat
3,53 MSEK	7,80 MSEK

I kostnads kalkylen ingår investeringskostnader och installationskostnader för 3200 m panntuber, samt kostnader för inkomstbortfall som oplanerade driftstopp förorsakar i de båda fallen. Här antas komponenttuberna hålla i 8 år och de låglegerade tuberna i 2 år.

De ekonomiska vinsterna för komponenttuberna beror både på att man totalt sett har en lägre kostnad för inköp och installation av panntuber och av att man får en lägre stillståndskostnad.

### 4.2.4 Resultatet av den sociala analysen

Vi har här inte beräknat den sociala påverkan för de olika panntuberna. Man kan dock, anta att det liksom för lyktstolparna till stor del kommer vara primärproduktionen av metallerna som orsakar den största sociala påverkan. Därför blir resultatet, liksom för LCA analysen, mycket beroende av om man antar att det låglegerade stålet tillverkas från malm eller skrotåvara. Det som tillkommer är ett betydande arbete vid byten av avfallspanntuber som troligen ger högre arbetsskador för det alternativ som behöver bytas oftast, dvs kolstålstuberna.

## 5 Diskussion av resultat och metodutveckling

En av uppgifterna med denna rapport var att ta fram en metodik för att utvärdera produkter ur ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv. Med utgångspunkt i de inledningsvis uppställda kriterierna för ekologiskt hållbara produkter, se bakgrunden, dissekteras nu de undersökta produkterna i fallstudierna, i avsnitt 5.3 nedan.

Vid analysen har vi använt oss av en delvis ny metodik för sociala effekter. Möjligheter och begränsningar med denna metodik diskuteras i avsnitt 5.1. I avsnitt 5.2 diskuteras även problem och begränsningar med våra LCA analyser. I bilaga 7 visas modellberäk-

ningar för hur de olika undersökta fallen skulle kunna värderas ur ett hållbarhetsperspektiv där man fastställt ett ekologiskt hållbart resursutrymme per person.

## 5.1 Metodiken för sociala effekter

Utmaningen i denna studie har varit att finna indikatorer som kan utvärdera den sociala påverkan som en produkt, i detta fall lyktstolpen, har utmed hela sin livscykel. För att finna en bra metodik har vi studerat olika initiativ som tagits fram för att vägleda företag att inrikta sitt arbete mot att bidra till en socialt hållbar utveckling eller ett socialt ansvarstagande i sina affärer. OECD gjorde nyligen en studie där 128 sådana initiativ var listade. Vi valde att testa vår ansats med hjälp av Global Reporting Initiatives indikatorer där de har gjort försök med att kvantifiera dessa indikatorer. Vi har använt deras uppdelning av sociala indikatorer där hänsyn tas till Arbete, Mänskliga rättigheter, Samhällspåverkan och Produktansvar. Generellt kan sägas att det endast är Produktansvar som kan ge en bild över produktens påverkan, övriga indikatorer är företagsinriktade.

För **Arbetspraxis** har vi delvis lyckats kvantifiera arbetstillfällena och arbetsskador per funktionell enhet och har även information om arbetsförhållandena för den del av produktionen som sker i Sverige.

För **Mänskliga rättigheter** har vi ett tagit fram ett förslag på ett sätt att ranka produkten i förhållande till råvarornas ursprungsländer och hur dessa länder står sig i olika Index för mänskliga rättigheter.

För indikatorer som gäller **Samhällsfrågor** har vi fått information från stål- och lyktstolpstillverkare. Dessa indikatorer är svåra att kvantifiera och är också företagsrelaterade varför resultatet i stället har blivit en diskussion om branschen i sin helhet.

**Produktansvar** är den indikator som är direkt relaterad till produkten och vi har information från inköparna av lyktstolpar om lyktstolpens funktion ute på vägarna. Resultatet visar att skillnaderna mellan de båda materialen ute i trafiken är mycket små.

I detta arbete har vi använt GRIs indikatorer som bas för att utvärdera produktens sociala påverkan. Vår slutsats är att dessa indikatorer inte går att använda i ett produktperspektiv. Resultaten vi fått fram utgör inte ett bra beslutsunderlag för att leda företag mot en hållbar produktutveckling, utan har i stället utgjort en bas för diskussion om hur utvecklingen för hållbarhetsindikatorer kan se ut i framtiden. Behovet kvarstår att arbeta fram sociala indikatorer som kan användas för att analysera en produkts sociala påverkan utmed hela dess livscykel. I ett framtida arbete är det rekommendabelt att dela upp de sociala aspekterna i företags- och produktrelaterade indikatorer. Exempel på dessa är:

- Sociala aspekter som går att härleda direkt till produkten, t.ex. produktansvar och dess direkta påverkan på samhället däribland till viss del arbetstillfällena. I utvecklingen av indikatorer är det viktigt att utgå ifrån att de är relevanta. Vad gäller t.ex. arbetstillfällena har det föranlett diskussioner om relevansen och värderingen i dessa, som t.ex. antal **arbetstillfällena** per producerad enhet. Är det positivt eller negativt med ett stort antal arbetstillfällena? Däremot när det gäller själva **produktens** funktion ute i samhället är det lättare att se en direkt påverkan.
- Sociala aspekter som både är produkt- och företagsrelaterade. Exempel på detta är mänskliga rättigheter och samhällsfrågor, som t.ex. mottagna priser eller erkännanden, konkurrens och prissättning. Vad gäller de **mänskliga rättigheterna** har de både en företags- och en produktrelaterad del. Har företaget lagt ut hela sin produktion på en specifik leverantör i ett u-land finns det större möjligheter att följa upp arbetsförhållanden på denna fabrik, om det finns barnarbete eller tvångsarbete etc. Om företaget använder importerade råvaror till produkten är det däremot svårare att följa upp, eftersom inköpen går via en central råvarubörs. **Samhällsfrågor** är nästan uteslutande företagsrelaterade och ska man ta med dessa i en analys av en produkts sociala påverkan bör det snarare vara en diskussion om branschen.

## 5.1.1 Slutsatser

### 5.1.1.1 Arbetsmiljö

Arbetsmiljöbelastningen har i begränsad omfattning utvärderats enligt en metod som utvecklats vid IVL. Med IVL:s metod finns både för- och nackdelar.

Fördelarna är att personer som är vana med LCA lätt kan förstå metodik och resultat. Dessutom kan delar av framtagna data till LCA för yttre miljön även användas till LCA för arbetsmiljön. Erfarenheter från tidigare genomförda arbetsmiljö-LCA med IVL:s metod visar att det är möjligt att beskriva arbetsmiljöbelastningen i tydliga termer som är kopplade till produktionsdata. Det går även med dagens yrkesskadestatistik att få fram vilka arbetsskador som är mest frekventa vid framställning av olika varor och tjänster i Sverige.

Till nackdelarna hör att arbetsmiljö-LCA precis som LCA tar relativt lång tid d v s att metoden är relativt kostsam. Mjukare arbetsmiljöproblem som besvär och otrivsel som inte leder till sjukfrånvaro syns inte i värdena. Kemiska ämnen som efter lång latenstid ger allvarliga skador blir ofta underrapporterade eftersom flera kan ha hunnit byta arbete eller gått i pension när skadan uppstår. Metoden beskriver en arbetsmiljöbelastning där tidigare miljöer kan ha betydande inslag i dagens statistik. Det är därför viktigt att inte enbart räkna fram värden på arbetsbelastningen. God kännedom krävs även om de

bakomliggande faktorerna till de erhållna värdena för att undvika feltolkningar och felprioriteringar.

Inom de uppsatta tidsramarna var det endast möjligt att i mycket begränsad omfattning genomföra arbetsmiljö-LCA:n enligt IVL:s metod [19, 20, 21, 22]. Även underlaget för utvärderingen har stora dataluckor. Bedömningen av arbetsmiljöbelastningen baseras huvudsakligen på antalet beräknade frånvarodagar orsakade av arbetsmiljön vid tillverkning av lyktstolparna och svensk yrkesskadestatistik [23]. Trots begränsningarna och stora brister i data kunde slutsatser dras om skillnader i arbetsmiljöbelastning för de två materialen och de två placeringsfallen.

## 5.2 Användningen av LCA

Där saknas bl a data för miljöpåverkan vid molybdenframställning i fallet med panntuber, (finns däremot med i lyktstolpsfallet). Transparensen på data kan ibland vara svår att uppnå i och med att företagen sekretessbelägger sina data och det råder även sekretess på data från IISI. Resultaten påverkas kraftigt om man har skrotråvara eller malmbaserad råvara. Detta kan missgynna de malmbaserade alternativen, som indirekt förser de skrotbaserade alternativen med råvaror. För att öka generaliteten av slutsatserna vid en LCA skulle man därför kunna :

- 1) Räkna LCA för ett slutet system där kvarvarande skrotråvara används för nyproduktion av samma produkt, med ett litet nytillskott av jungfruliga råvaror [8,36].
- 2) Räkna på ett ”världgenomsnittsstål”

Det finns invändningar mot båda angreppssätten.

## 5.3 Uppfylls kraven för morgondagens produkter vid produkt-design?

Inledningsvis nämndes en rad krav som bör uppfyllas för ”morgondagens” produkter. Kan vi nu på grundval av våra analyser besvara dessa frågor ?

### 5.3.1 Lyktstolpsfallet: Hur står sig den rostfria stolpen gentemot de traditionella stolparna ?

Kraven var :

<p>1. <b>Ha förbättrad prestanda</b> Svar: Ja; Den har en längre livslängd, en lägre vikt, Har samma eftergivlighet vid kollision som vanliga eftergivliga stolpar. En osäkerhet kan vara att man än så länge har begränsade erfarenheter av "hållbarheten i fält".</p>
<p>2. <b>Bevara resurser</b> Svar: Ja; Om lyktstolparna återvinns till 100 % så blir det mycket lite resurser som försvinner, korrosionen är liten och förlusterna vid produktionen liten</p>
<p>3. <b>Minska avfallsmängden</b> Svar: Nej; Vid brytningen av legeringsmetallerna skapas stora mängder gruvavfall från icke önskvärt "gråberg". Däremot har man inget betongfundament vilket ger en minskad avfallsmängd för denna del.</p>
<p>4. <b>Minska föroreningarna</b> Svar: Ja och Nej. Om tekniska livslängden är så lång som 100 år fås fördel för flera miljöparametrar, som växthuseffekt, resurseffektivitet, bildning av marknära ozon och energiförbrukning. Däremot ökar försurningen och eutrofieringen.</p>
<p>5. <b>Minska riskerna</b> Svar: Stolparna beter sig troligen lika i fält, vid produktionen krävs mindre arbetstid per stolpe vilket minskar arbetsskaderiskerna framförallt i Sverige. Inget betongfundament behövs, färre svetsmoment p.g.a. konstruktionen. Den rostfria stolpen kräver dock mycket råmaterial från andra länder som är behäftat med höga risker; kol, nickel, krom med fler. Färre svetsmoment p.g.a. konstruktionen</p>
<p>6. <b>Passa väl in i fungerande återanvändningssystem</b> Svar: Ja; Men detta gäller även för den låglegerade stolpen.</p>
<p>7. <b>Ha en positiv social påverkan</b> Svar: Går inte att avgöra idag.</p>
<p>8. <b>Vara ekonomiskt lönsamma</b> Svar: Ja, något lönsammare, förutsatt att den tekniska livslängden är betydligt längre än 40 år, annars ungefär samma som vanliga stolpar. Fördelaktiga speciellt i korrosiva miljöer</p>

Ovanstående slutsatser gäller nu för de undersökta lyktstolparna som tillverkats i Sverige.



## Hur skulle man kunna ytterligare förbättra stolparna ?

### 1) Rostfria stolparna

Genom att köpa in nickelmalm från sådana producenter som har bra rening av SO<sub>2</sub>-utsläpp och eutrofierande utsläpp så finns möjlighet att skapa en stolpe med genomgående låg miljöpåverkan.

Genom en bättre kväverening från ståltillverkningens betningsprocesser kan man även minska de eutrofierande utsläppen i Sverige.<sup>1</sup>

Nickelbrytningen och annan gruvbrytning ger stora avfallsproblem, här krävs aktiva insatser för omhändertagande och ev. återanvändning av avfall.

Stålindustrin bör se över sina leverantörer och ställa krav avseende miljö, energival och deras sociala ansvar.

Stora mängder kol krävs vid tillverkningen av nickelmetallen. Denna kolbrytning medför relativt stora risker för gruvarbetarna. Här kan man möjligen på sikt försöka att ställa krav på kolleverantörer, alternativt välja kol från dagbrott.

I det korta perspektivet vore det intressant att ta reda på varifrån kolet kommer.

### 2) De låglegerade stolparna

Stora mängder föroreningar som bidrar till bildning av marknära ozon släpps ut från masugnprocessen, många av dessa ämnen är också toxiska. Teknik för att minska dessa utsläpp bör om möjligt tillämpas.

Stora mängder zink korroderar och sköljs bort från stolparna genom regnvatten och snö, detta innebär både en förlust av en värdefull resurs och risk för ekotoxikologisk påverkan.

Målning av stolpar är vanligt, detta minskar zinkläckaget och kan ge en förbättrad miljöprestanda.

Målning kan dock skapa nya problem med underhåll och risker för utsläpp samt arbetsmiljöproblem.

Stolparna väger nästan 2 gånger så mycket som de rostfria alternativen. Genom att använda höghållfast stål borde det vara möjligt att minska vikten och därigenom även

---

<sup>1</sup> Klara framsteg har även noterats. Sedan 1997 (året som datamängden för den rostfria stolpen härrör sig från) har Nyby bruk som framställer den rostfria plåten minskat sina specifika nitratutsläpp med mer än 60 % tack vare ny reningsteknologi.

minska miljöpåverkan i motsvarande grad. Bearbetningsmässigt kan det krävas högre energi för att tillverka produkter i höghållfast stål, men det är i sammanhanget marginellt och viktminskningen kompenserar också för denna effekt.

Betongfundamentet kräver mycket energi och råvaror, om stolpen blir lättare så skulle man kunna överväga att tillverka en stolpe med nederdelen bestående av rostfritt stål eller annat inert material, som då skulle kunna motstå markkorrosionen och ersätta fundamentet. Ett alternativ kan även vara att använda sådana betongfundament i vilka man lätt kan ta bort den gamla stolpen och ersätta den med en ny. Detta blir då speciellt viktigt i de fall man vet att man kommer behöva ha en stolpe i mer än 40 år på samma plats.

### 5.3.2 Kompoundtuberna: Hur står sig dessa gentemot de traditionella tuberna ?

Kraven var :

<b>1. Ha förbättrad prestanda</b> Svar: <i>Ja; Kompoundtuberna har ungefär 4 gånger så lång livslängd, och man får mindre oplanerade driftsstopp.</i>
<b>2. Bevara resurser</b> Svar: <i>Nej; Stora mängder sällsynta legeringsmetaller med begränsad tillgång korroderar bort och försvinner ut ur kretsloppet.</i>
<b>3. Minska avfallsmängden</b> Svar: <i>Ja och Nej; Genom förbränning minskar sopberget med en faktor 5, däremot skapar brytningen av legeringsmetallerna stora mängder gruvavfall från icke önskvärt "gråberg".</i>
<b>4. Minska föroreningarna</b> Svar : <i>Ja och Nej. Om hänsyn tas till minskat behov av fossil reservkraft blir minskningen av växthusgaser betydlig, däremot ökar försurningen och eutrofieringen.</i>
<b>5. Minska riskerna</b> Svar: <i>Man får ett minskat behov av att gå in i pannan vilket minskar riskerna för arbetsskador. Riskerna vid råmaterialutvinning har dock inte analyserats.</i>
<b>6. Passa väl in i fungerande återanvändningssystem</b> Svar: <i>Ja; Men detta gäller även för de vanliga tuberna.</i>
<b>7. Ha en positiv social påverkan</b> Svar: <i>Går inte att avgöra idag.</i>
<b>8. Vara ekonomiskt lönsamma</b> Svar: <i>Ja mycket lönsamt förutsatt att tuberna håller mer än 5 år. Möjliggör också högre tryck, vilket genererar ett högre energiutbyte. Ökar också tillgängligheten, dvs fler driftstimmar per år.</i>

Hur kan man förbättra miljöprofilen för panntuberna?

Högtemperaturskorrosion vid avfallsförbränning är ett svårt problem, även de mest syratåliga stålen angrips av gaserna.

Nackdelar är här höga emissioner av krom, nickel och molybden, fördelar fås i form av ökad driftstillgänglighet som ger minskade utsläpp av CO<sub>2</sub>, minskad förbrukning av fossila bränslen och stora ekonomiska vinster.

Om man förbättrar de korrosionskyddande egenskaperna ytterligare hos komponenttuberna skulle dess fördelar öka ytterligare. Det finns redan idag ett än mer beständigt alternativ, t ex Sanicro 63, med högre innehåll av nickel i det rostfria lagret, som ger lägre korrosionshastighet. Dessa alternativ skulle kunna ge en förbättrad miljöprofil.

Tuber som klarar av höga tryck och temperaturer utan att korrodera så snabbt medger också att man höjer temperaturen i pannorna. En japansk studie har visat att man vid övergång från kolkraftsverkspannor som jobbar med ångtemperaturer på 566°C till 600°C behöver en ökad andel material av höglegerat stål. Detta medför högre energiåtgång vid produktionen av pannan, men ger mångdubbelt högre energivinst tillbaks genom pannans högre verkningsgrad vid den högre temperaturen [10].

### 5.3.3 Nya material

Idag börjar det också framställas alltmer höghållfasta stål. Med dessa stål kan man ofta uppnå samma funktion med mindre mängd stål. I en studie stödd av japanska energimyndigheten [10] beskrevs ett antal intressanta exempel på hur man genom att använda höghållfasta stål kunde göra stora energivinster i såväl produktions-, t ex bärande stål-balkar, som användarledet, t ex för skepp och tåg. Dessa energivinster motiverade mer än väl den något högre energiåtgång som höghållfasta stål krävde vid tillverkningen.

För de exempel som vi studerat i denna rapport panntuber och lyktstolpar kan man förvänta sig en ytterligare ökning av användning av rostfria material. För panntuber är förutom avfallsförbränning även förbränning av biobränsle en mycket stor växande marknad. Man har här idag stora problem med korrosion när man bränner det fuktiga bränslet. Här kan en ökad användning av rostfria material, liknande de av Sanciro-typ, fylla en viktig funktion.

Både förbränning av avfall och förbränning av biobränsle är mycket viktig för att vi skall kunna minska användningen av fossila bränslen.

På samma sätt kan utformning av hållbara, t ex rostfria lyktstolpar vara en del av satsning på mer hållbara vägar, innefattande såväl belysningsstrategier som val av vägmateriäl, t. ex. restprodukter från ståltillverkningen såsom slagg.

Dessa exempel visar att ekologiska produktval i många fall är intimt förknippade med val av ekologiska infrastrukturer.

I framtiden kommer en hel rad ”nya” material att komplettera stål för lyktstolpar, t ex olika kompositmaterial, olika lättare legeringsmetaller såsom aluminium eller magnesium. Traditionella material såsom trä och betong är även i fortsättningen alternativ.

Specifikt för de stolpar som vi studerat av eftergivlig typ är betong och trä ej lämpade, men det finns idag kompositstolpar som är av eftergivlig typ [16].

För de panntuber vi studerat är det svårt att idag se några direkta alternativ till stål för de höga temperaturer som dessa jobbar vid. Det är dock troligt att det kan komma nya än mer korrosionsbeständiga metallegeringar i framtiden.

Nya processer t. ex. förgasning kan förändra behovet av korrosionsbeständiga material.

## 6 Slutsatser och rekommendationer utifrån den genomförda metodstudien

Nedan sammanfattas erfarenheterna från arbetet med att utveckla en rekommenderad arbetsmetodik vid ekologisk produktutveckling.

- Att ensidigt titta på en inneboende egenskap, såsom toxicitet, hos ett material kan leda till åtgärder, som inte är optimala ur miljösynpunkt eller socioekonomisk synpunkt. Denna slutsats har styrkts av det nu utförda arbetet och torde numera vara självklar.
- Skall man jämföra material ur aspekten hållbar utveckling måste man beakta den funktion materialet skall fylla, dvs. användningsfasen och omständigheterna under användningsfasen. Detta är ju också innebörden i den integrerade produktpolitiken.
- Vi rekommenderar, att ekologisk produktutveckling utvidgas utöver vad som rekommenderas i ISO-rapporten ISO/TR 14062 (2002) ”Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development”. Förutom rena miljöaspekter bör man söka beakta arbetsmiljö, hälsoeffekter, samhällsliga effekter och ekonomi.
- Att utöka antalet påverkansindikatorer, exempelvis till att inkludera arbetsmiljöparametrar och sociala parametrar vid sidan av rena miljöparametrar, leder ofrånkomligen till sammanvägningproblem, när man skall göra en helhetsbedömning. Alla indikatorer pekar sällan åt samma håll. Försök att räkna om ej adderbara parametrar till en gemensam skala, t.ex. genom normalisering till personekvivalenter, lider av bristen på säkra normaliseringsgrunder, såsom tillgängligt emissionsutrymme eller tillgänglig resursförbrukning per person.

- Datatillgången för att analysera produkters påverkan på den yttre miljön är numera någorlunda god. Tillgängliga data är dock ofta i aggregerad form, och viktig detaljinformation kan vara svårtillgänglig.
- De sociala indikatorer för hållbar utveckling, som föreslås i Global Reporting Initiative, är inte anpassade för att beskriva enskilda produkters inverkan på samhället. Svårigheterna med dessa indikatorer är av två slag:
  - 1) GRIs sociala indikatorer är avsedda för företag, inte för enskilda produkter.
  - 2) Indikatorerna är ofta deskriptiva, inte kvantitativa.Indikatorer för arbetsmiljö, arbetspraxis och mänskliga rättigheter kan möjligen kvantifieras för enskilda produkter över en livscykel. Övriga sociala indikatorer är företagsrelaterade. På denna punkt fordras mer utvecklingsarbete för att ta fram en användbar praxis att bedöma och jämföra enskilda produkter.
- Av den ekonomiska analysen i bilaga 2 framgick inte oväntat, att kalkylräntan spelar en avgörande roll när man ser på investeringar i ett långt tidsperspektiv. Ju högre ränta desto kortare optimal ekonomisk livslängd. Vid en ekonomiska analys föreslås att beräkningar görs med några alternativa kalkylräntor. Avgränsningen för ekonomin skall i görligaste mån följa livscykelanalysens avgränsningar men en diskussion kan också föras om hur en miljömässigt optimal livslängd sammanfaller med en ekonomiskt optimal livslängd..
- Produktutvecklaren skall ständigt söka förbättra givna produkter, men i många fall behövs det också en dialog med andra aktörer vad gäller hållbar utveckling i stort. Dvs. det gäller att inte ensidigt fokusera på en given produkt och dess omedelbara produktnytta utan även förutsättningslöst titta på andra möjliga alternativ ur ett "helikopterperspektiv".

## 6.1 Planerad fortsättning

Utgående från slutsatserna i denna studie bör fortsatt arbete med ekologisk produktutveckling ha tre konkreta mål:

1. Systematisera och förenkla arbetsmetodiken.
2. Komplettera metodiken på de punkter, där det enligt slutsatserna finns brister.
3. Demonstrera metodiken genom att tillämpa den på fler aktuella fall.

Hittills har vi enbart studerat stålindustrin, vi vill nu även inkludera byggbranschen och fler materialval. I det planerade fortsättningsprojektet vill vi specifikt titta på olika **takmaterial**, av varmförzinkad målad plåt, aluminium, tegel- och betongpannor samt även olika **tappvattenrör**, i koppar, förnätad polyeten (s.k. PEX) samt rostfria rör.

Här vill vi även analysera hur olika materialval för ovanstående applikationer skulle komma att påverka sammansättningen på det kommunala avloppsvattnet.

På längre sikt vill vi i ett fortsatt samarbete med Naturvårdsverket och deltagande företag ytterligare utveckla den här framtagna metodiken.

Vi konstaterar att det framförallt saknas bra information om företagens sociala och etiska hänsyn t ex beträffande råvaruimport från tredje världen, men även tydligare information om förhållande i Sverige och Europa. Speciellt är det viktigt att se vilka åtgärdsplaner som finns för att förbättra kolgruvearbetarnas säkerhet (den enskilda faktor som gav störst påverkan på arbetsmiljö LCA:n för ståltillverkning) och om där finns möjligheter för svenska stålföretag och stålkonsumenter att ställa krav på bättre arbetsmiljö även i länder utanför Sverige.

Om investeringar och import från länder i tredje världen är av godo för människorna som bor där eller ej kan diskuteras. Det är därför av vikt att, i samarbete med t ex Sida, försöka identifiera faktorer, förknippade med utländsk investering och import, som påverkar den sociala utvecklingen i ett land. Vi känner att vi idag saknar tillgång till bra metoder för att kunna göra en sådan analys.

Vi saknar idag bra definitioner på vad ett hållbart utrymme är beträffande resurser och även vad gäller sociala faktorer. För växthusgaser, försurning, eutrofiering, marknära ozon etc, finns det redan idag förslag vad gäller svenska förhållanden. Sådana förslag på hållbara utrymmen skulle även behöva utvecklas för andra delar av världen.

Utöver den planerade fortsättningen anser vi att en bredare LCA-analys av avfallsförbränning skulle vara intressant både ur ett miljö- och energiperspektiv.

## 7 Referenser

- (1) Integrerad produktpolitik. Miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. KOM (2003) 302 slutlig. Meddelande från Kommissionen till Rådet och Europaparlamentet 2003-06-18.
- (2) Release rates of chromium and nickel from 304 and 316 stainless steel during urban atmospheric exposure - a combined field and laboratory study, Inger Odnevall Wallinder, Jianshu Lu, Sofia Bertling, Christofer Leygraf, Corrosion Science 44 (2002) 2303-2319.
- (3) Dose- response functions, Vladimir Kucera, Swedish Corrosion Institute [http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage/learning/asc/delegates/TechNotes\\_VK.pdf](http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage/learning/asc/delegates/TechNotes_VK.pdf).
- (4) ICP Materials, International Cooperative Programme on Effects on Materials, including Historic and Cultural Monuments [http://www.umweltdaten.de/uid/manual/materials\\_brochure.pdf](http://www.umweltdaten.de/uid/manual/materials_brochure.pdf).
- (5) Life Cycle Assessments And Solid Waste, - Guidelines for solid waste treatment and disposal in LCA, Jan-Olov Sundqvist, October 1999, IVL, Swedish Environmental Research Institute.

- (6) Viktning av olika miljöpåverkanskategorier baserat på en vision om det framtida hållbara folkhemmet- de svenska miljökvalitetsmålen, Martin Erlandsson, Juli 2000, IVL B1385.
- (7) U.S Geological Survey, årsstatistik från 2003, <http://minerals.usgs.gov/minerals>.
- (8) Ekologisk produktutveckling, fallstudie massakokare, IVL B1513.
- (9) Anders Wilson, Urban Forsberg, Sandvik. Muntlig kontakt.
- (10) Research on Contribution of Steel products to Society-wide Energy Conservation from LCA Perspectives IEEJ : December 2002. (Institute of Electrical Engineer of Japan (IEEJ)).
- (11) Emissioner från avfallsförbränning i genomsnitt i Sverige framgår ur en rapport baserad på data från 1996 och 1997 (<http://www.novator.se/bioenergy/BE9804/s17.pdf>).
- (12) Ett arbete om miljöpåverkan från avfallsförbränning kontra andra pannor. ([http://www.esa.chalmers.se/Publications/PDF-files/Thesis/ESA2001\\_5.pdf](http://www.esa.chalmers.se/Publications/PDF-files/Thesis/ESA2001_5.pdf)).
- (13) Om rening av förbränningsluften etc. (<http://www.mdstud.chalmers.se/~np5-10/forb.html>).
- (14) Kartläggning och utvärdering av plaståtervinning ur ett systemperspektiv. IVL B1418 <http://www.ivl.se/rapporter/pdf/B1418.pdf>.
- (15) Hur skall hushållsavfallet tas om hand? IVL B1462 <http://www.ivl.se/rapporter/pdf/B1462.pdf>
- (16) Information om eftergivliga lyktstolpar i kompositmaterial [http://www.andos.se/download/norac\\_nyhetsbrev1\\_02\\_sve.pdf](http://www.andos.se/download/norac_nyhetsbrev1_02_sve.pdf)
- (17) Ny glasmetall dubbelt så stark som stål. [http://www.nyteknik.se/pub/ipsart.asp?art\\_id=30579](http://www.nyteknik.se/pub/ipsart.asp?art_id=30579).
- (18) Återvinningsindustrierna. <http://www.recycling.se/main/main.asp?objectID=598>.
- (19) Strömberg Ann, Antonsson Ann-Beth. Jämförelse av arbetsmiljöbelastning från betalning med kontanter resp. kort - en arbetsmiljö-LCA. IVL-rapport B 1449.
- (20) Antonsson Ann-Beth, Nilsson Malin. Arbetsmiljö.LCA Vidareutveckling av en kvantitativ metod. IVL-rapport B 1320. Stockholm Januari 1999.
- (21) Antonsson Ann-Beth, Carlsson Helene. En metod för att integrera arbetsmiljö i livscykelanalyser. IVL-rapport B 1184. Stockholm April 1995.
- (22) Nyström Birre. Databas för livscykelanalys . arbetsmiljö. Behov och arbetskadestatistik i olika länder. IVL-rapport B 1397, Stockholm December 2000.
- (23) Arbetsjukdomar och olyckor 2001. Sveriges officiella statistik, Arbetsmiljöverket och Statistiska centralbyrån. Riksförsäkringsverket 2003.
- (24) IISI, 2002, World Steel Life Cycle Inventory; livscykeldata på Europeiska medelvärden för produktion av varmvalsat, låglegerat stål, senaste uppdatering av data 1999-2000.
- (25) IISI, 2002, World Steel Life Cycle Inventory; livscykeldata för produktion av varmvalsat, låglegerat stål vid SSAB, Luleå, senaste uppdatering av data 1999-2000. Med tillåtelse från Jonas Larsson, SSAB.
- (26) Eurofer Stainless Steel LCI, livscykeldata för produktion av rostfritt stål vid AvestaPolarit, Avesta. Förmedlat av Camilla Kaplin, AvestaPolarit, 2003.
- (27) Axelsson U., Jarnhammar A., Widell K-O., Jernberg P., Jansson G., Zackrisson M., Holmer O., 1999. Livscykelanalys av färg. IVL-rapport B 1338 (A & B).

- (28) Låstbom T., 2000. LCA av väg- och broräcken. VBB VIAK AB, Sundsvall.
- (29) Stripple H., Tjus K., Liljequist U., Stegrin G., 1998. Livscykelanalys av gasreningsutrustningar - En metodstudie. IVL-rapport B1300.
- (30) Återvinningsindustrierna. <http://www.recycling.se/main/main.asp?objectID=598>.
- (31) [www.wug.gov.pl/a\\_wypadki.html](http://www.wug.gov.pl/a_wypadki.html) (polsk kolbrytning).
- (32) <http://www.bullion.org.za/Level3/StatsTables/StatsTables2000.pdf> Statistik för gruvindustrin i Sydafrik samt environmental report  
[http://eia.csir.co.za/mpumalanga/documents%5CMpumalanga-SOER\\_2001.pdf](http://eia.csir.co.za/mpumalanga/documents%5CMpumalanga-SOER_2001.pdf).
- (33) "Sustainability Reporting Guidelines 2002. Global Reporting Initiative [www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org).
- (34) "Indikatorer för hållbar utveckling - en pilotstudie". Statistiska Centralbyrån. Rapport 1998:11.
- (35) Bornchain Philippe, editor. "Towards a sustainable corporate social responsibility". 2003. [www.eurofound.eu.int](http://www.eurofound.eu.int).
- (36) SAE Technical paper series 2001-01-3766 Sustainability and Steel Recycling, L. Brimacombe and P. Shonfield; Corus Research. M. Buridard; International Iron and Steel Institute.
- (37) pers. kom. C. Kaplin, 2003.
- (38) Zink LCA, Stripple *et al*, 1998.
- (39) Miljörapport 2001, Cementa AB.
- (40) Betong och miljön, 1999. Betongforum.
- (41) Information från AB Skellefteå Byggplanering, 2001 års miljörapport från Varmförzinkning AB.
- (42) Miljörapport 2001.
- (43) NTM, Nätverket för Transporter och Miljön.
- (44) Jan Otto Andersson och Ralf Eriksson <http://www.nordregio.se/r0103.html>, kapitel i boken "Att forska om gränser, Nordregio Report 2001:3.
- (45) Metals, minerals and environmental space"  
[http://www.foe.co.uk/pdf/sustainable\\_development/tworld/metals.pdf](http://www.foe.co.uk/pdf/sustainable_development/tworld/metals.pdf).
- (46) ECO –indicator 99 methodology report <http://www.pre.nl/eco-indicator99/ei99-reports.htm>.
- (47) pers.kom. E. Thorsén, 2003).
- (48) Eva.Maria Arvidsson Ovako Steel Hofors, 2003.
- (49) Life Cycle Assessment of gas cleaning equipment. IVL Report B 1300, 1998.
- (50) R. Frischknecht et al. (1994), "Ökoinventare für Energiesysteme", Bundesamt für Energiewirtschaft, Zürich.



- (51) K.Keiserås Bakkane (1994), "Life Cycle Data for Norwegian Oil and Gas", Novatech a.s., Tapir Publisher), supplemented with data for steel production from M. Sunér (25 % virgin and 75 % recycled steel).
- (52) "Energifakta", AB Svensk Energiförsörjning, 1994.
- (53) "Life cycle Assessment of Packaging Systems for Beer and Soft drinks, Energy and Transport Scenarios", Technical Report 7, Miljøprojekt nr. 406, Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen, Denmark.
- (54) EU2 emission standard (1997).
- (55) R. Järsin, Svenska Petroleum Institutet, 1999.
- (56) "Vergleichende ökologische Bewertung von Anstrichstoffen im Baubereich", Band 2, Schriftenreihe Umwelt Nr. 232. (1995).
- (57) S Uppenberg, M. Brandel, L.-G. Lindfors, H.-O. Marcus, A. Wachtmeister and L. Zetterberg (1999), "Miljöfaktabok för bränslen", IVL-publikation B 1334 B. 1999.
- (58) C.-Å. Boström, et al., 1998.
- (59) (1993), "Emissioner från sopbilar, Arbetsmaterial, SLU, Uppsala, as cited by H. Stripple (1995), "Livscykelanalys av väg - En modellstudie för inventering".
- (60) EURPROG Report - final version, 26th Edition, Unipede/Eurelectric, Brussels.
- (61) The Statoil refinery at Mongstad, Norway. (Vattenfall, 1999).
- (62) "Life Cycle Assessment of Nickel Products", final report (2000), Ecobalance Inc. Data are average data for world-wide production, except the former COMECON countries but including Cuba.
- (63) Sammanfattande rapport", supplemented with unpublished data from Vattenfall.
- (64) S. Uppenberg et al in "Miljöfaktabok för bränslen", IVL report B1334A-2.

## Bilaga 1. Miljöpåverkan

Vi har valt att ta med följande effektkategorier i de två LCA-studierna.

- Emission av tungmetaller till vatten och luft  
(Begreppet tungmetaller avser i denna rapport: Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Cu, Hg, Pb och Zn)
- Resursuttag exklusive energivaror
- Emissioner av försurande ämnen
- Emissioner av växthusgaser
- Emissioner av ämnen som ger marknära ozon.
- Förbrukning av fossila bränslen
- Eutrofiering av akvatiska och terrestra system

### Miljöpåverkansstudie med LCA-metodik för de olika lyktstolparna

#### Mål och omfattning

Studiens målsättning är att beskriva miljöpåverkan av två olika lyktstolpar, både tillverkningen och användningsfasen. Det utfördes inte någon inventering av själva ståltillverkningen, utan modellerna grundar sig på befintliga inventeringsdata för respektive stålsort [25, 26, 37]. Beräkningarna sker under antagande att det rostfria och det låglegerade stålet produceras vid Outokumpu Stainless (i Avesta/Nyby) respektive SSAB (i Borlänge). Produktionen av det rostfria stålet är i huvudsak skrotbaserad, med viss tillsats av legeringsmetaller för att uppnå rätt kvalitet. Produktionen av det låglegerade stålet är däremot malmbaserad. Transporter av stål och andra råvaror till den aktuella lyktstolpstillverkaren respektive transport av lyktstolpen till vägen ingår i studien i den mån det varit möjligt, se inventeringen nedan.

En invändning som kan göras mot beräkningsexemplen är faktum att det låglegerade alternativet består av ett stål framställt ur malmbaserad råvara, under det att det rostfria stålet till stor del tillverkats från skrotråvara.

Ungefär hälften av allt stål som produceras i världen görs från återvunnet järnskrot, och 75% av energin sparas om man gör stålet från återvunnet material jämfört med om man gör det från malm [18].

Med hänsyn till detta förs ett resonemang om vad detta skulle kunna medföra för miljöbelastningarna under de olika kategorierna. Även zink kommer till viss del kunna återvinnas, förutom den del som rostas bort. Orsaken till att vi främst tittat på malmbaserat

stål är att vi så långt som möjligt velat ha data för specifika ståltillverkare, i detta fall svensk ståltillverkning vid Avesta Polarit och SSAB.

För den rostfria stolpen kan man anta att den aktuella anläggningen relativt väl representerar ett världsgenomsnitt för rostfria stålverk, då flertalet tillverkare använder en elektrostålugn till vilken skrotåvara återförs tillsammans med legeringsmetaller såsom krom, nickel och mangan. Däremot varierar totalmängden skrot med tiden och kan även variera från tillverkare till tillverkare.

### Beräkningsmetodik, funktionell enhet

Systemet i Figur 2 översattes till en datormodell i en programvara, KCL-ECO (version 3.1, The Finnish Pulp and Paper Research Institute), framtagen för beräkningar i livscykelanalyser. Varje processteg i systemet beskrivs av en modul som relaterar in- och utflöden till varandra med hjälp av första ordningens linjära ekvationer. In- och utflöden kan vara materialströmmar, energiflöden och emissioner till luft, vatten och mark. Modulerna knyts ihop med material- och/eller energiflöden. Vid materialflöden är det möjligt att inkludera transportens miljöpåverkan. Hela modellen blir ett ekvationssystem av första ordningen, som beskriver material- och energibalanserna över hela systemet och över varje enskild modul.

Funktionell enhet, dvs. räknebas, är **100 stycken stolpar för en belyst vägsträcka på 6 km under en tid av 100 år**. Vi beräknar de miljömässiga effekterna av nyttillverkning av det antal stolpar som behövs i respektive fall samt effekterna av korrosion under drift. Miljöpåverkan från skrotning av lyktstolparna beräknas ej.

### Inventering

För framställning av låglegerat stål har vi använt en befintlig livscykelinventering av SSABs tillverkning av varmvalsat stål. Inventeringen är en del av en studie där data har samlats in från 55 anläggningar i 17 länder [25]. Systemet omfattar brytning av järnmalm, koksning, framställning av råjärn i masugn, färskning till stål i syrgasugn och varmvalsning. Resultaten har specificerats m.a.p. järnbrytning från att vara ett medelvärde av samtliga gruvor i studien till att motsvara LKAB:s gruvdrift i Sverige.

Data på framställning av det rostfria stålet kommer från en befintlig livscykelinventering av kallvalsat stål producerat av Outokumpu Stainless [26]. Den generella beräkningen med europeisk medel-el har modifierats för att bättre motsvara det faktiska fallet att en stor del av elförbrukningen sker vid tillverkning såväl stål som olika råvaror i Skandinavien. För andra ”globala” råvaror som krom, nickel och molybden har emellertid en europeisk elmix använts för energi och miljöpåverkansstudierna [37].

Använda data för zink avser ”vagga till grind” primärproduktion och kommer från [38]. Data omfattar resursuttag, energiförbrukning, emissioner till luft och vatten.

Data på framställning av betong har hämtats från Cementa AB [39] och Betongforum [40]. Data omfattar resursuttag, energiförbrukning och utsläpp till luft.

LCA-data för epoxyfärg har hämtats från [27]. Data avser tillverkning av 1 kg färg, från vagga till grind.

Data för lyktstolpstillverkningen har erhållits från AB Skellefteå Byggplanering [41] samt tidigare studier av galvanisering [28].

Utsläpp vid transportarbetet har hämtats från NTM, Nätverket för Transporter och Miljön. De transporter som tagits med redovisas i bilaga 5.

## Dataluckor

De data som erhållits från lyktstolpetillverkarna är väldigt ofullständiga och har till stor del kompletterats med extrapolerade värden från tidigare studier av tillverkning och varmförzinkning av stålkonstruktioner.

## Resultat

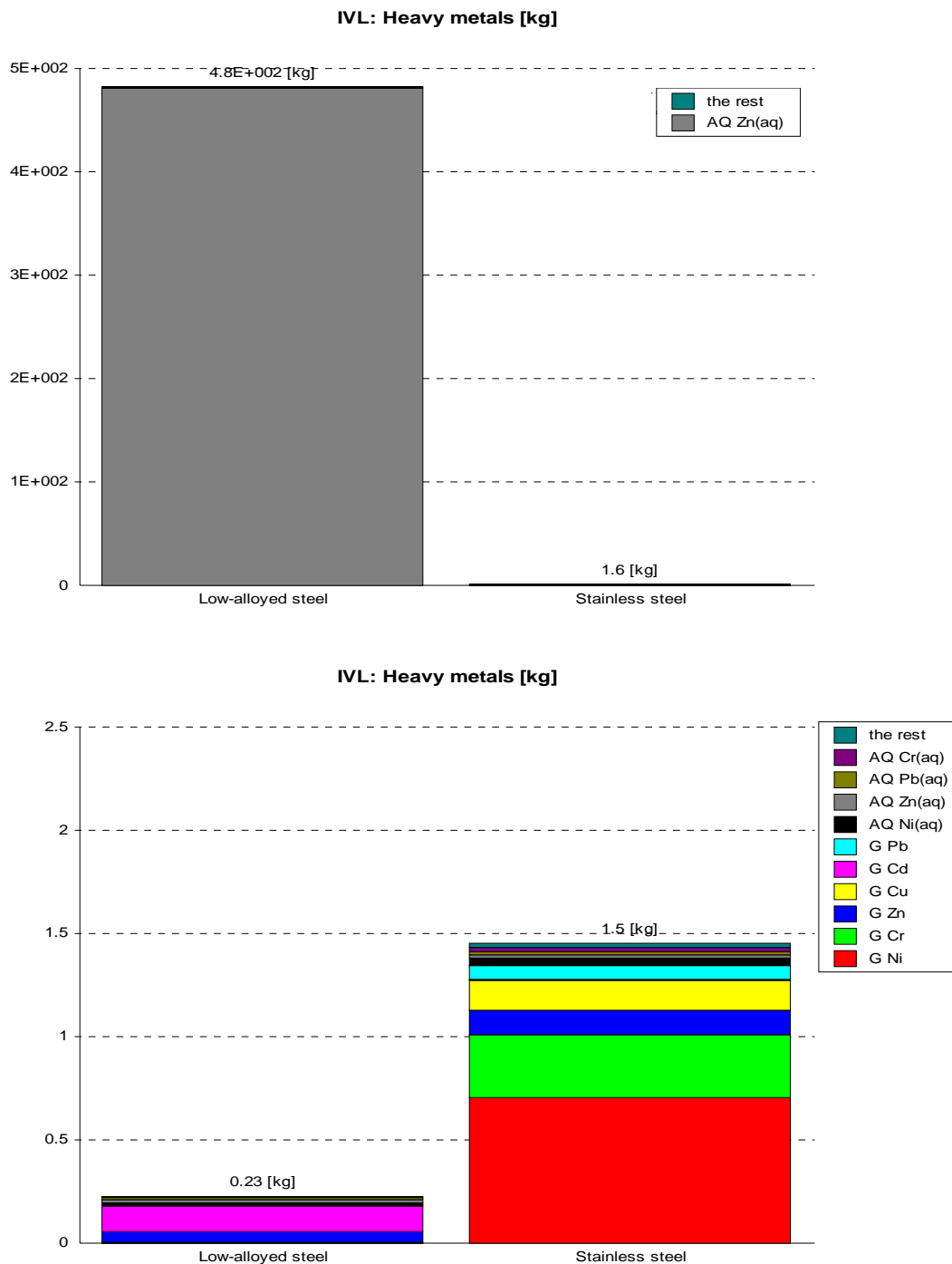
Då den låglegerade stolpen har dubbelt så lång livslängd i Östersund jämfört med Stockholm blir emissionerna för dessa stolpar endast hälften i Östersund. Här redovisas enbart Stockholms-scenariot i detalj. Variabelnamnen föregås av index som visar vilken typ av parameter det rör sig om. Tabell 3 listar de olika indexen och deras betydelse.

Tabell 3. Betydelsen av parametrarnas index.

Index	Avser
AQ	Emission till vatten
G	Emission till luft
R	Resurs
ES	Energikälla
EC	Energibärare som ej följts tillbaka till ursprunget
E	Energi där data som använts varit aggregerat så att det inte går att se dess ursprung
SW	Fast avfall

Med ståltillverkningen avses i texten nedan framställningen i stålverket inklusive råvaruframställningen.

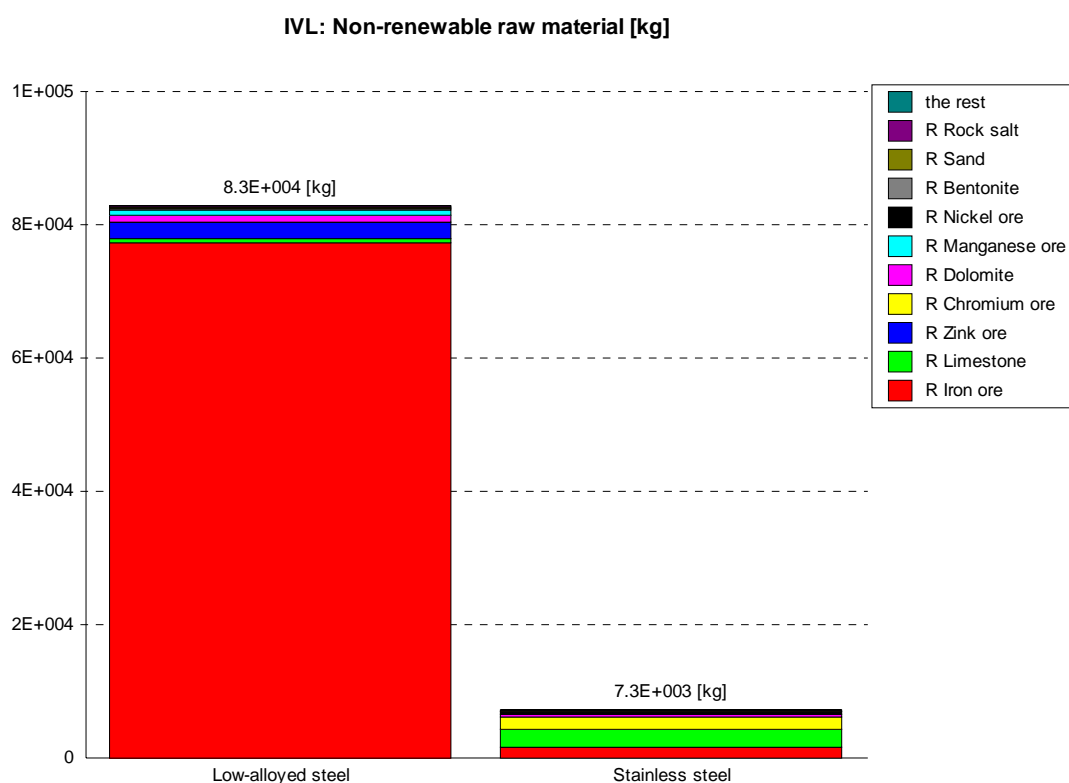
## Emissioner av tungmetaller till vatten och luft



Figur 8. Emissioner av tungmetaller från produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar (ovan ). Nedan syns samma emissioner om endast produktionsfasen beaktas. OBS skillnad i skalan.

Tungmetallemissionerna domineras helt klart av zinkkorrosionen från den låglegerade stolpen. Om man enbart tittar på själva produktionen av stolparna, ger de rostfria stolparna upphov till störst emissioner. Dominerande i det fallet är utsläpp av nickel och krom till luft. Korrosionen ger även upphov till en del utsläpp av järn till vatten som inte visas i diagrammet. För de galvaniserade stolparna rör det sig om ca 50 kg Fe per funktionell enhet. Motsvarande för de rostfria stolparna är ca 0,4 kg per funktionell enhet.

### Resursuttag exklusive energivaror



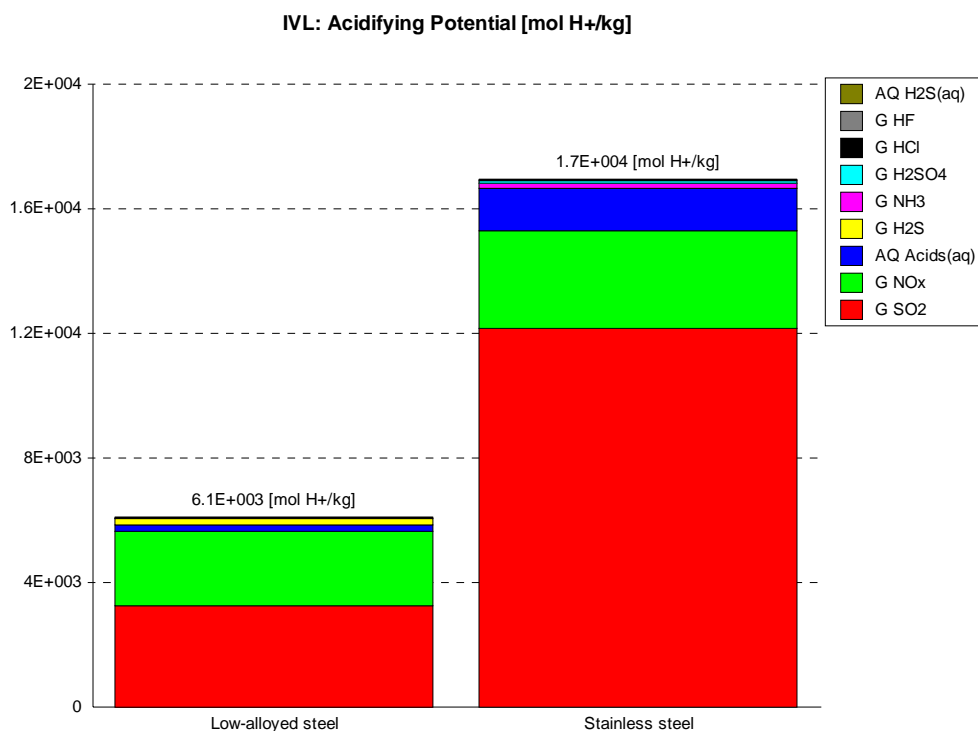
Figur 9. Resursuttag exklusive energivaror från produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar.

Systemet med rostfria stolpar har mycket lägre resursuttag av järnmalm än det andra systemet. Detta beror främst på att ståltillverkningen i det fallet är i stort sett skrotbaserad, men även på att det endast åtgår ungefär en fjärdedel så mycket stål för de rostfria stolparna under 100 årsperioden. I denna studie allokeras ingen miljöpåverkan från det skrot som används som råvara.

Noteras kan här att det är kg malm i berg som avses, ej kg berg som totalt behöver brytas.

Om hänsyn tas till att cirka 50 % av det låglegerade stålet i världen tillverkas från skrot skulle man här få ett nästan halverat resursuttag för denna stolpe. Fortfarande blir i ett sådant scenario dock resursuttaget större för denna stolpe. Resursuttaget är dock fortsättningsvis större än i det rostfria fallet.

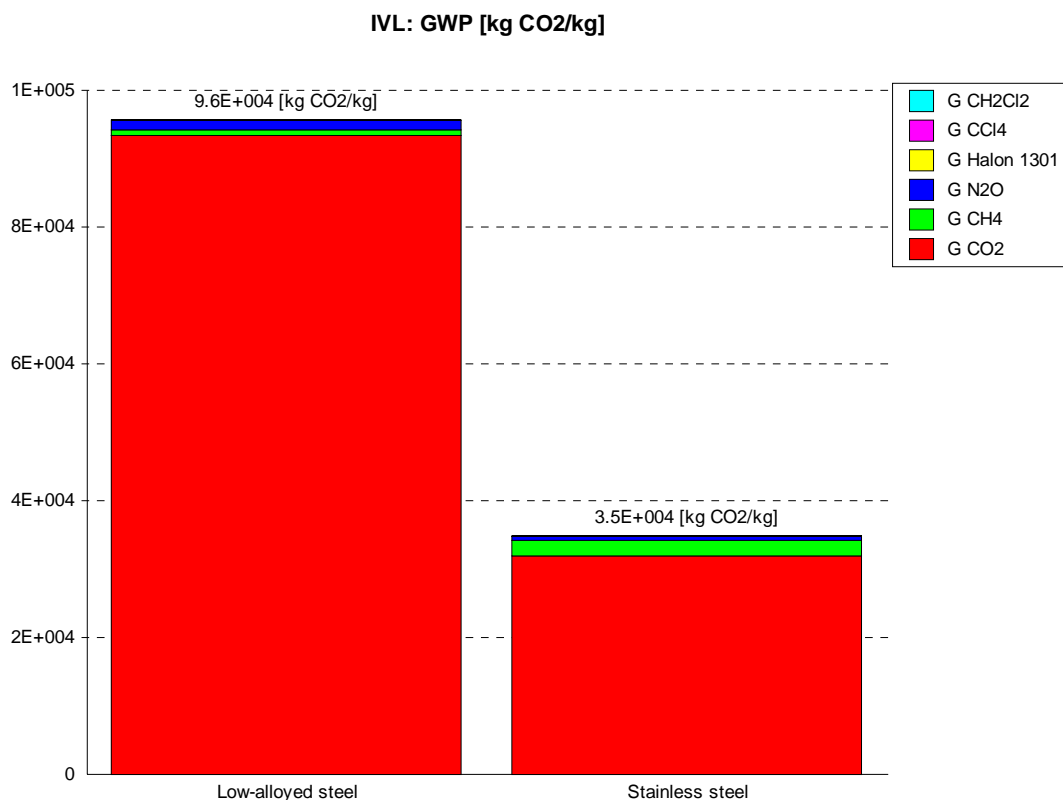
### Emissioner av försurande ämnen



Figur 10. Emissioner av försurande ämnen från produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar.

I den här kategorin har de rostfria stolparna störst påverkan. Utsläppen av svaveldioxid och  $\text{NO}_x$  för de rostfria stolparna härrör i princip helt från stålproduktionen (troligen främst från nickelframställningen), med endast ett par procent av  $\text{NO}_x$  från transporter. För de låglegerade stolparna kommer svaveldioxid till största del från både stålproduktionen (67 %) och framställningen av zink (31 %). Det är även de största källorna för  $\text{NO}_x$ -utsläppen, men här uppkommer en betydande del (20 %) vid transporter inom systemet.

## Emissioner av växthusgaser



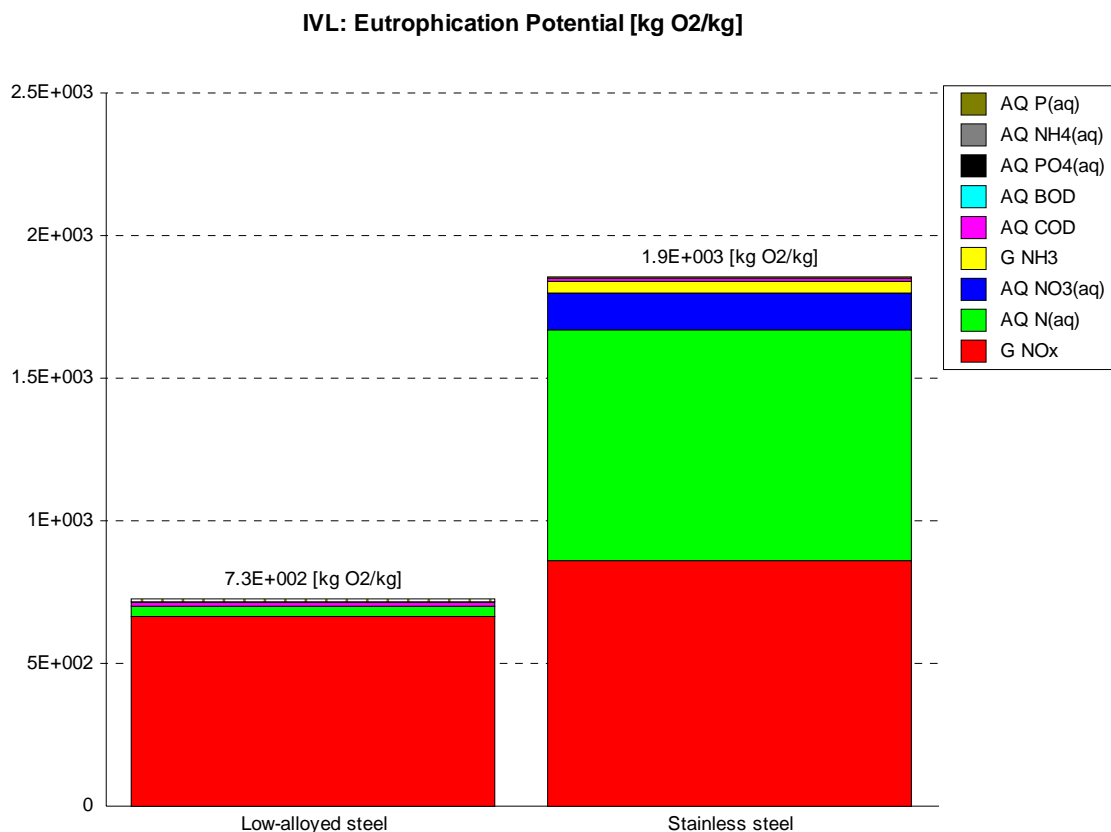
Figur 11. Emissioner av växthusgaser från produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar.

Koldioxid dominerar utsläppen av växthusgaser i båda systemen. För de låglegerade stolparna uppkommer utsläppen främst vid stålproduktionen och zinkframställningen (82 resp 12 %). Största resterande bidrag fördelar sig jämnt över tillverkningen av cement för fundamentet och transporter. CO<sub>2</sub>-utsläppen i systemet för de rostfria stolparna uppkommer vid ståltillverkningen (97 %). Några procent härstammar från transporter.

En jämförelse mellan enbart ståltillverkningen i de två systemen visar att CO<sub>2</sub>-utsläppen är 2,5 gånger så höga för de låglegerade stolparna. Denna stora skillnad beror på att det går åt så mycket mera stål, både p g a högre vikt och kortare livslängd på stolpen, för de låglegerade stolparna. Då man med modellen beräknar emissioner av växthusgaser per kg producerat stål, d.v.s. man tar inte med användningsfasen, blir resultatet att tillverkningen av det låglegerade stålet är mer koldioxideffektivt per kg stål.



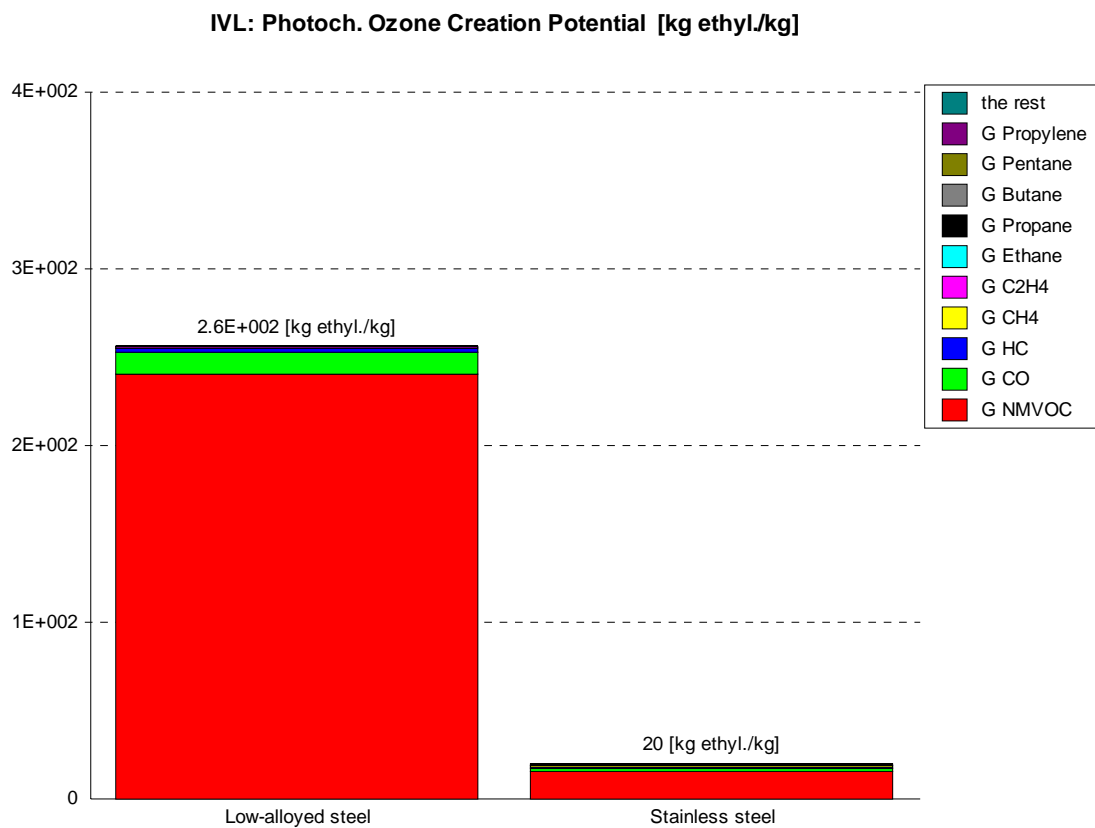
## Eutrofieringspotential



Figur 12. Eutrofieringspotential från produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar.

Fördelningen av  $\text{NO}_x$ -utsläppen har redan diskuterats, se emissioner av försurande ämnen. Utsläppen av kväve, både ospecificerat och i form av nitrat, härrör till 100 % från stålframställningen för de rostfria stolparna. Nitraterna kommer bl.a. från salpetersyran vid betningsprocessen som används för att rengöra stålet från oxider. Detta ger ett stort bidrag till eutrofieringspotentialen, som saknas för de låglegerade stolparna, då dessa betas med saltsyra.

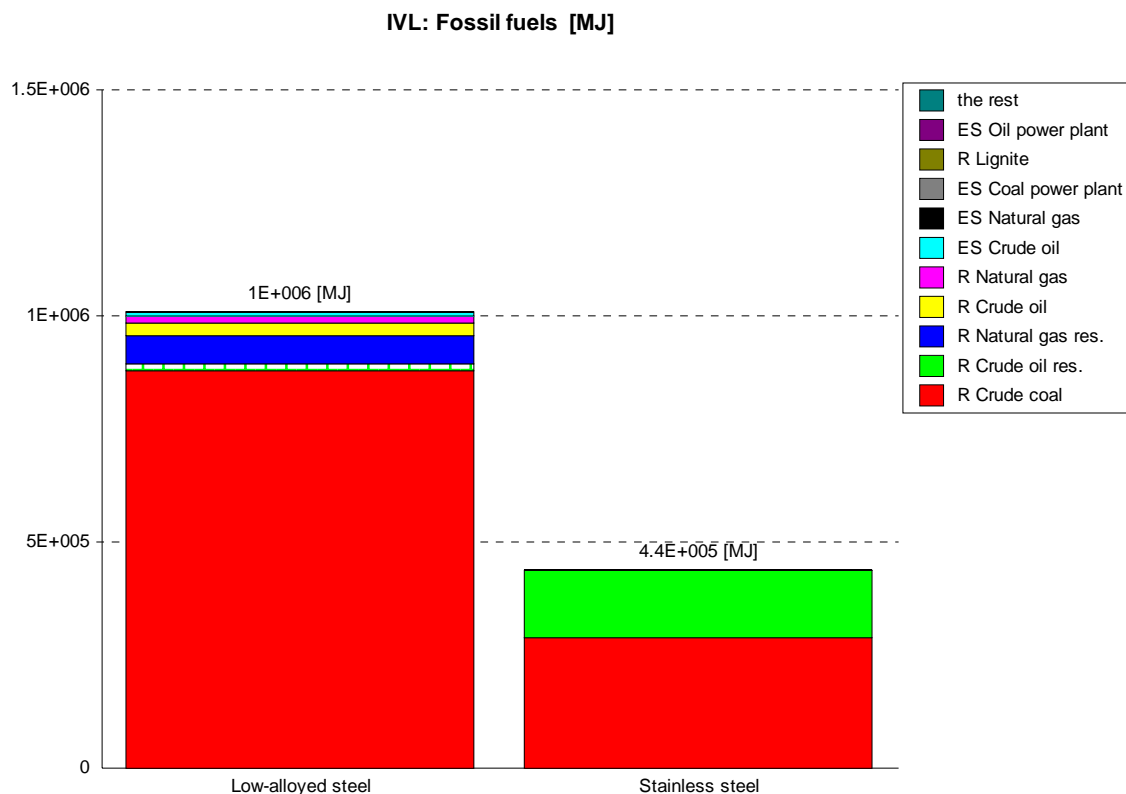
## Emissioner som ger upphov till marknära ozon



Figur 13. Emissioner som ger upphov till marknära ozon från produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar.

I den här miljökategori domineras utsläpp av flyktiga organiska kolväten utom metan (NMVOC, non-methane volatile organic carbon). Dessa utsläpp uppstår vid ståltillverkningen i båda systemen, men är betydligt högre för det låglegerade stålet. Utsläppen uppkommer bl a i masugnsprocessen vid framställningen av kolstål, i fallet med det rostfria stålet användes skrotråvara för järnet, vilket förklarar den mycket lägre mängden här.

## Förbrukning av fossila råvaror



Figur 14. Förbrukning av fossila råvaror vid produktion och användning av låglegerade respektive rostfria stolpar.

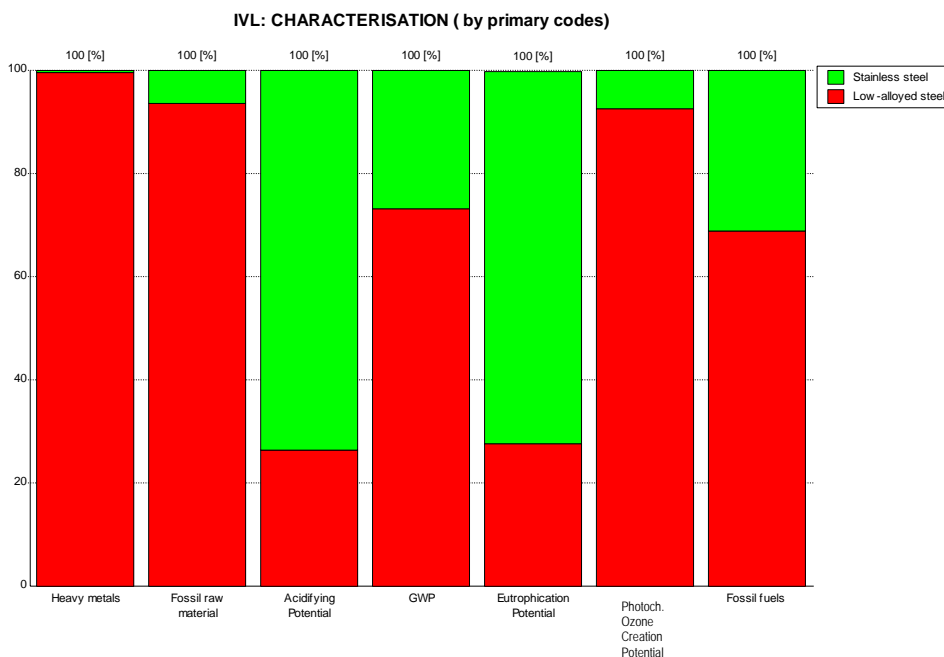
Kolförbrukningen, som utgör den största förbrukningen av fossila bränslen i båda systemen, härrör från ståltillverkningen. 19 % av kolförbrukningen i det låglegerade systemet är dock kopplat till zinkframställningen. Råolja utgör en relativt stor del av de rostfria stolparnas förbrukning av fossila bränslen. Även denna kommer från ståltillverkningen.

Här bör påpekas att i de inventeringsdata för ståltillverkningen som används i studien redovisas olja, kol och naturgas som resursförbrukning, oavsett om det används som en energi råvara eller på annat sätt. I figuren ovan indexeras dessa parametrar med "R" trots att de delvis borde listats som t.ex. "ES" om den uppdelningen varit möjlig att göra i inventeringsdatat.

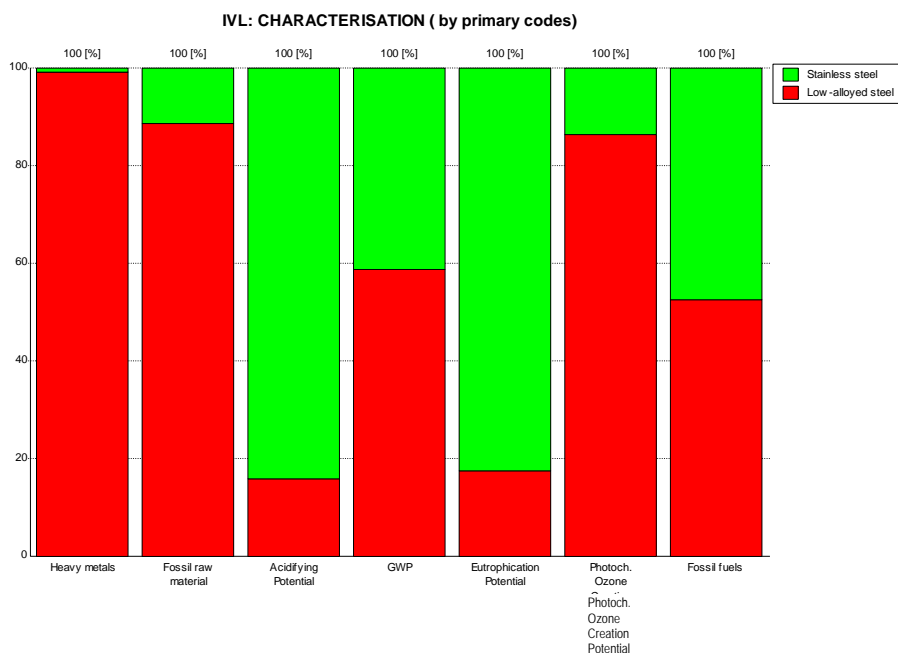
### Jämförelse Stockholm/Östersund

Som jämförelse visas relativ påverkan i respektive kategori för både Stockholm och Östersund. Som redan nämnts så blir det inte så stor skillnad. Givetvis är Östersunds-cenariot något mer gynnsamt för den låglegerade stolpen än vad Stockholmsscenarioet är, p g a den längre livslängden i det nordligare klimatet med lägre halter av luftföroreningar. Den rostfria stolpens livslängd antas vara minst 100 år i båda fallen. I Östersunds-fallet behövs det 125 låglegerade stolpar och 100 rostfria stolpar, vilket innebär att skillnaderna i miljöpåverkan när det gäller metaller/resurser/marknära ozon/fossila bränslen minskar något.

Men även fortsättningsvis är rostfritt det fördelaktigaste alternativet. När det gäller försurande ämnen och eutrofiering ökar skillnaden något till det låglegerade stålets fördel.



Figur 15. Relativ påverkan i respektive kategori då stolparna placeras i Stockholm.



Figur 16. Relativ påverkan i respektive kategori då stolparna placeras i Östersund.

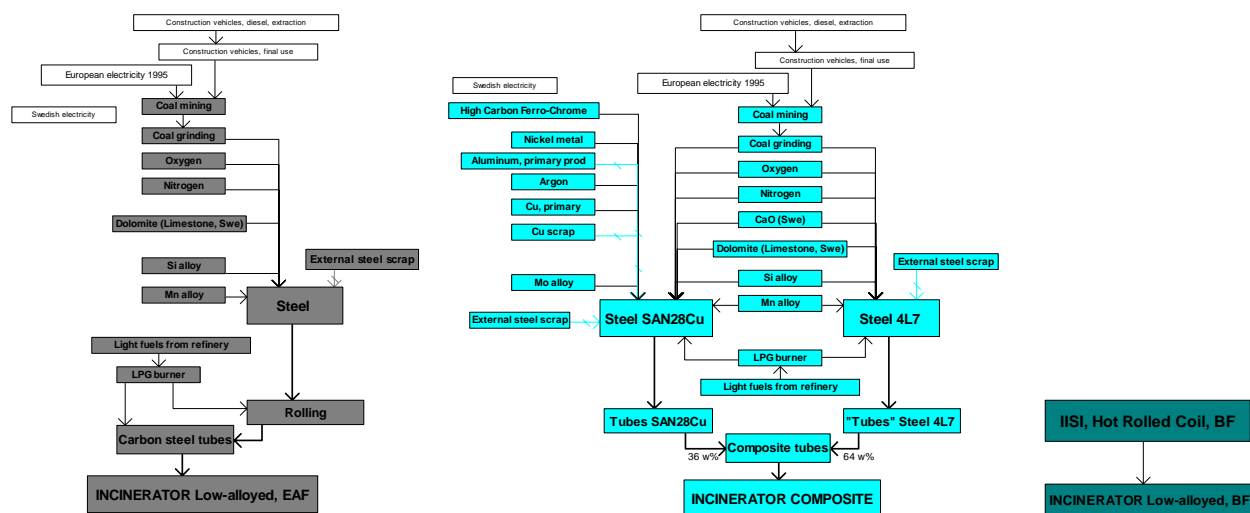
## Dataluckor

En stor osäkerheten finns i data från sluttillverkningen av lyktstolparna vad gäller energiförbrukning och övrig miljöpåverkan. Vi bedömer dock att denna påverkan relativt sett är liten.

## Miljöpåverkanstudie med LCA-metodik för de olika panntuberna

### Mål och omfattning

Studiens mål är att beskriva miljöpåverkan av malm- och skrotbaserade panntuber samt panntuber av komponentstål i väggarna i en avfallsförbränningspanna. Tillverkningen av komponenttuber vid Sandvik Materials Technology jämförs med två teoretiska fall, varav den ena tillverkningen sker med stålskrot som råvara, Hoforsdata, och den andra är malmbaserad, IISI data. I praktiken kommer de låglegerade rören sannolikt både från skrotbaserad och malmbaserad råvara. Detsamma gäller för komponentrörens innerkomponent. En schematisk bild av de tre systemen visas i Figur 17. Transporter av stål och andra råvaror till den aktuella rörtillverkaren ingår i de fall de har gått att kvantifiera. I användningsfasen ingår korrosion av rören. Dock ingår ej transport av de färdiga rören eller montering av dessa i pannan.



Figur 17. Schematisk bild av de tre system som jämförs inom fallstudien med panntuber. Vänster: skrotbaserade låglegerade rör, EAF. Mitten: Kompoundtuber. Höger: malmbaserade låglegerade rör, BF.

## Beräkningsmetodik, funktionell enhet

Även här har beräkningarna gjorts med hjälp av KCL-ECO, se tidigare diskussion under fallstudien med lyktstolpar.

Funktionell enhet, dvs. räknebas, har här varit **3200 m panntuber i ugnen i en avfallsförbränningspanna liknande Renovas nya panna i Göteborg under 8 års tid.**

Den tänkta pannan har en kapacitet av 15 ton avfall i timmen, motsvarande panna 1 vid Renova. Vi beräknar de miljömässiga effekterna av nyttillverkning av de panntuber som behövs i respektive fall samt av korrosionen under användningsfasen. Miljöpåverkan från montering respektive skrotning beräknas ej.

## Inventering

För framställning av rostfria sömlösa rörstål har vi använt specifika data från Sandvik AB [47].

Data på framställning av de skrotbaserade låglegerade panntuberna har tagits fram i samarbete med Ovako Steel i Hofors [48]. De tillverkar inte rör för just denna applikation men har ändå kunnat ge bra generella data i sammanhanget, baserat på sina processdata.

Under arbetets gång framkom att stora skillnader uppstår om vi tillverkar det låglegerade alternativet via malm eller skrotbaserad råvara, varför vi valt att också redovisa ett tredje alternativ, BF, som utgår från malm.

I det tredje fallet används Europeiska medeldata på framställning av låglegerat, varmvalsat stål [24]. Här finns en felkälla eftersom det inte gäller produktion av rör. Således bör man undvika att dra allt för långtgående slutsatser av resultaten för detta fall. Bedömningen är dock att den största miljöpåverkan uppkommer vid utvinningen av råvaror och produktion av stålämne snarare än vid bearbetningen av stålet, varför detta fall ändå tas med i studien.

Datakällorna för uppströms data i fall 1 och 2 redovisa i Bilaga 6.

Utsläpp vid transportarbetet kommer från NTM, Nätverket för Trafik och Miljö [43]. Transporterna har inte följts lika noga som i fallet med lyktstolpar, utan bara ett fåtal har tagits med. Det visar sig senare att dessa inte har någon avgörande inverkan på resultaten. De transporter som tagits med i beräkningarna visas i Tabell 4.

Tabell 4. Transporter som tagits med för respektive system av panntuber.

System	Transport	Sträcka (km)	Transportslag
Låglegerade rör, skrotbaserade	Externt stålskrot till rörtillverkaren, godtyckligt avstånd	500	Eltåg, svensk el
Komponenttuber	Externt stålskrot till rörtillverkaren, godtyckligt avstånd	500	Eltåg, svensk el
	Primärproducerat aluminium från Sundsvall till Sandviken	230	Tung lastbil m släp, Euro 2
	Kopparskrot till Sandviken, uppskattat medelavstånd	300	Eltåg, svensk el

## Dataluckor

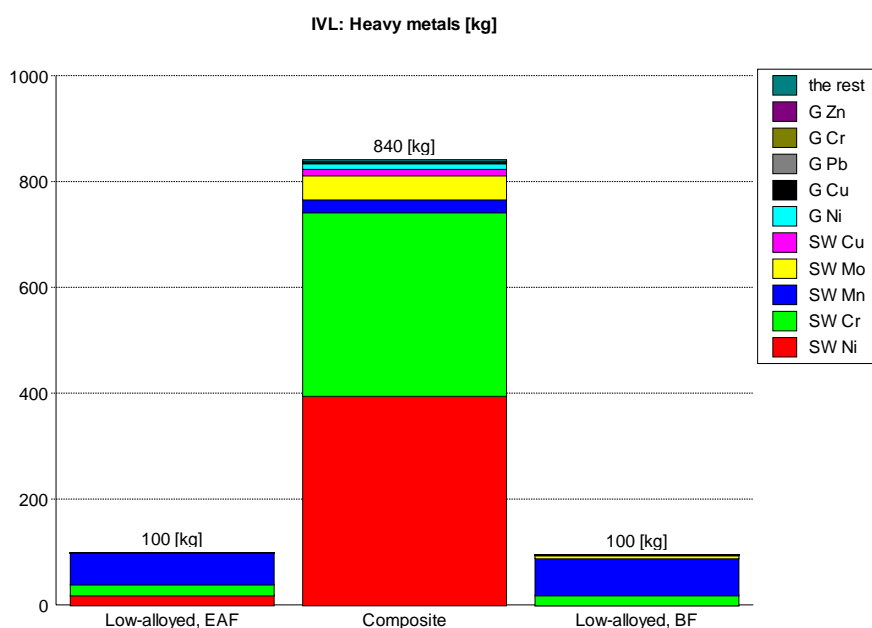
Data saknas för framställning av ferrokisel, molybden och mangan. Miljöpåverkan från framställningen av dessa legeringsmetaller har utelämnats.

Data för produktionen av komponenttuberna och av de skrotbaserade låglegerade rören är ofullständiga och motsvarar datamängdmässigt inte de data som insamlats och använts av IISI och Eurofer.

## Resultat

Nedan följer en redovisning av resultaten i de olika effektkategorierna för de tre systemen med panntuber. Här används samma indexering som av variablerna som i fallet med lyktstolpar, enligt Tabell 3 tidigare.

### Emissioner av tungmetaller till vatten och luft

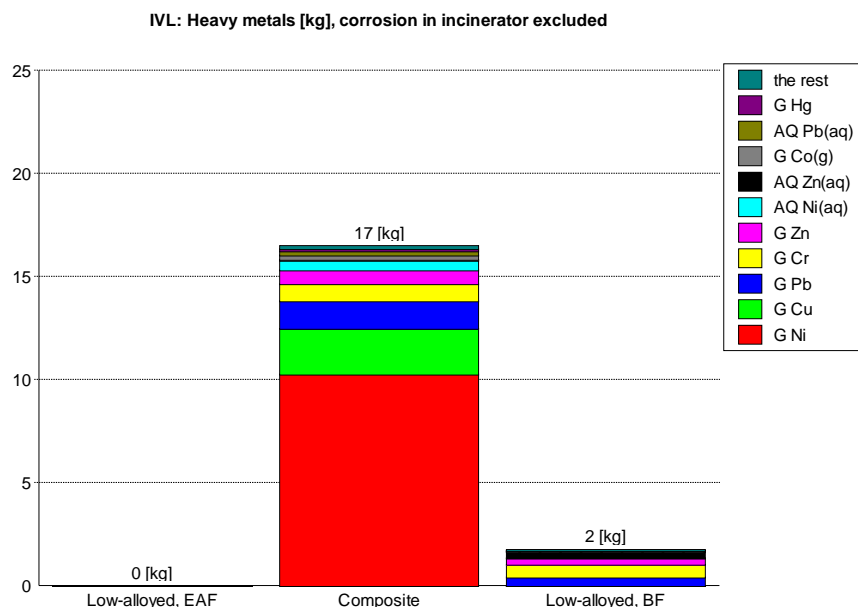


Figur 18. Emissioner av tungmetaller till vatten och luft från produktion och användning av tre sorters panntuber i avfallspanna, EAF = skrotbaserat stål. BF = malmbaserat stål.

De största bidragen till denna effektkategori är de utsläpp av metaller som uppkommer på grund av korrosion i pannan (index SW). Dessa har inte specificerats närmare m a p om de släpps ut till luft, vatten eller deponi utan vi nöjer oss med att redovisa mängden. Krom- och nickelutsläpp från pannan med compoundtuber dominerar. Givetvis uppkommer även en stor mängd korrosion från järn, främst i pannorna med låglegerade rör. Ca 10 ton järn/panna försvinner bort i korrosion från de låglegerade rören under den åttaårsperiod som betraktas. Motsvarande siffra för compoundtuberna är 0,45 ton.

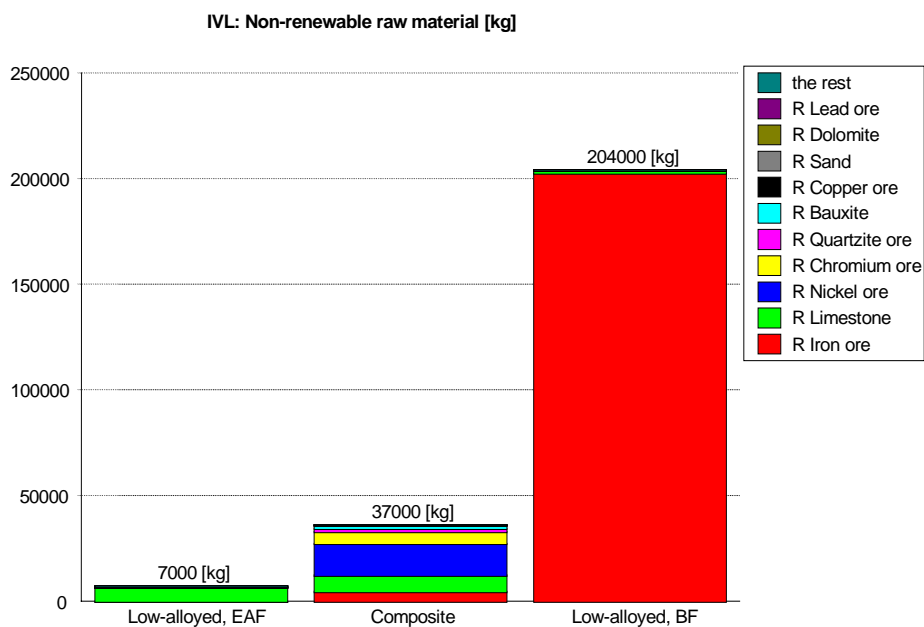
Figur 19 visar bidragen till denna effektkategori exklusive korrosionen i pannan, d.v.s. de emissioner som uppkommer i produktionsledet. För compoundtuberna gäller att utsläppen härrör i princip till 99 % från tillverkningen av nickel. Undantag är emissioner till luft av krom och zink, där kromet uppkommer vid tillverkningen av ferrokrom och zink kommer från både nickel- och ferrokromtillverkning (2/3 resp 1/3).





Figur 19 Emissioner av tungmetaller till vatten och luft från produktion och användning av tre sorters pannrör i avfallspanna, d.v.s. som i Figur 18 exklusive korrosion i pannan.

### Resursuttag exklusive energivaror

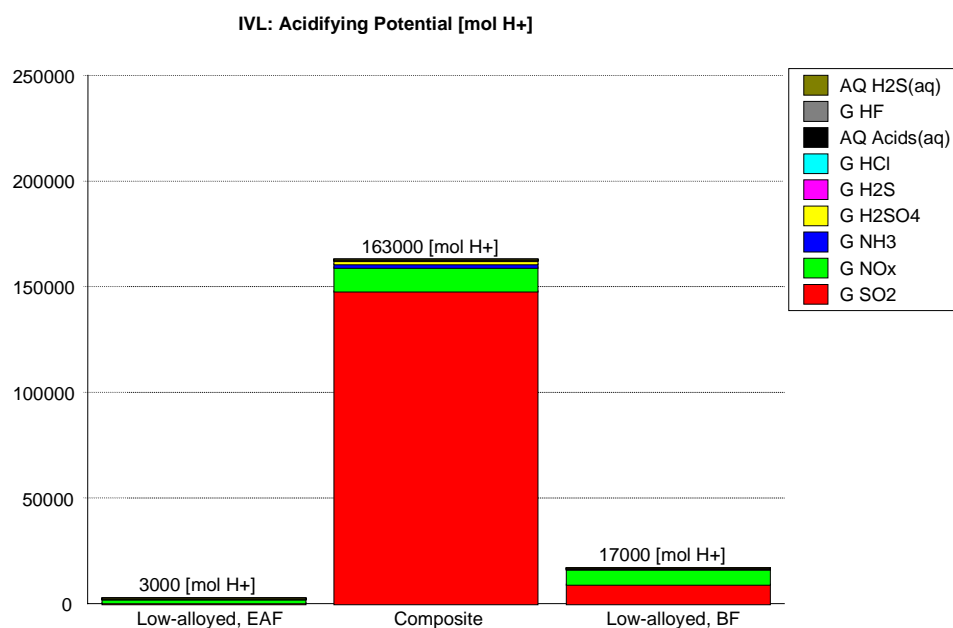


Figur 20. Resursuttag exklusive energivaror för produktion och användning av tre sorters pannrör i avfallspanna.

I denna kategori har de rör som har en malmbaserad tillverkning störst påverkan. Avgörande är den stora mängd järnmalm som går åt. Dock måste man påminna sig om de dataluckor som nämnts tidigare för ferrokisel, molybden och mangan. Då data för

framställning av dessa legeringar saknas har de inte tagits med i diagrammet. I systemet med de skrotbaserade, låglegerade rören används 700 kg Mn-legering per funktionell enhet. Motsvarande för compoundtuberna är 420 kg. I compoundrörs-systemet åtgår även 800 kg Mo-legering samt 640 kg ferrokisel per funktionell enhet.

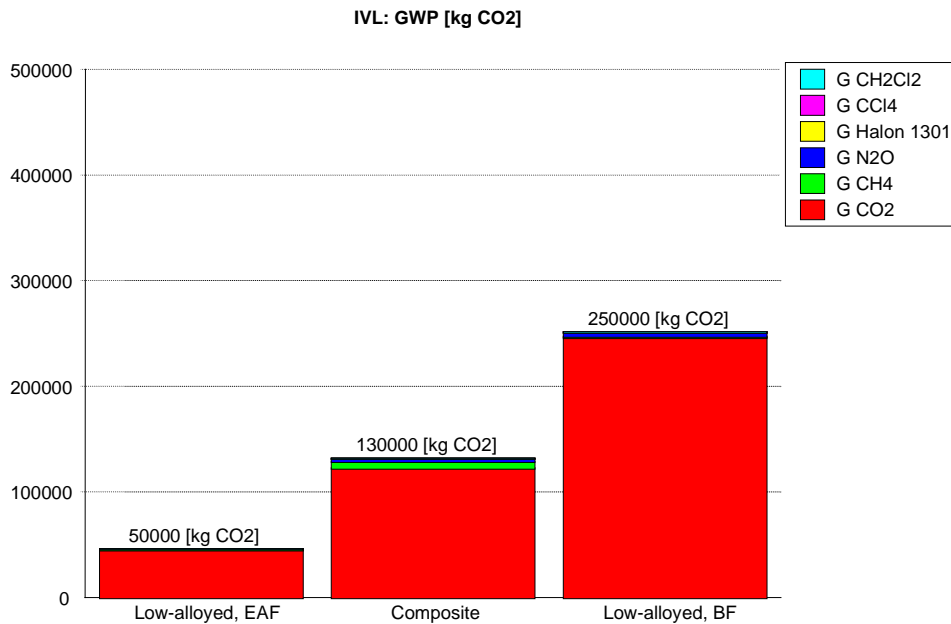
### Emissioner av försurande ämnen



Figur 21. Emissioner av försurande ämnen från produktion och användning av tre sorters panntuber i avfallspanna.

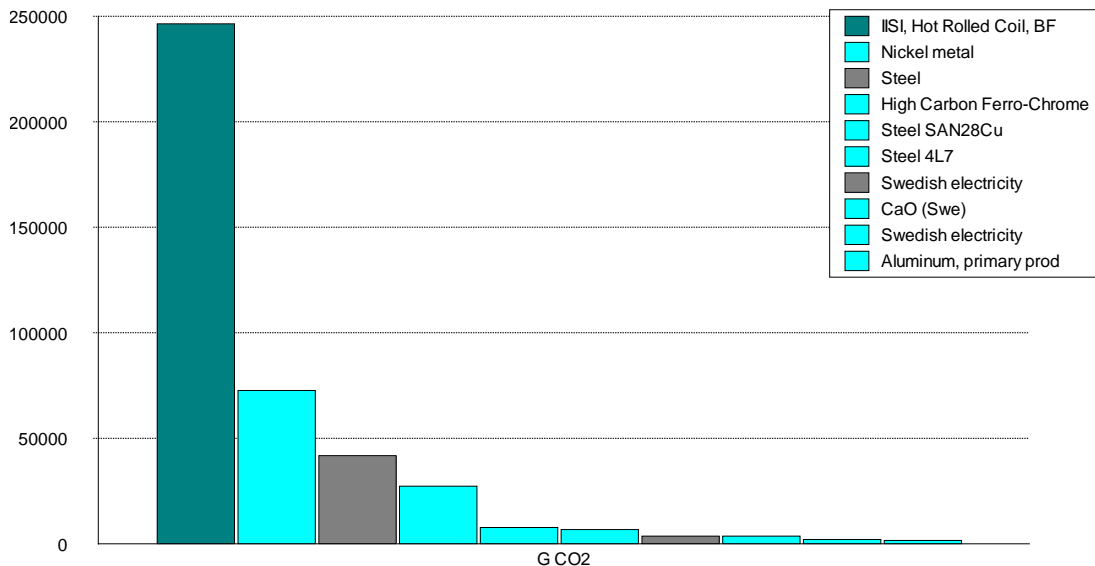
Systemet med compoundtuber står för de största emissionerna av försurande ämnen. Utsläppen av svaveldioxid i detta system härstammar från tillverkningen av nickel (95 %), medan NO<sub>x</sub>-utsläppen uppkommer både vid nickeltillverkningen och framställning av ferrokrom (69 resp 20 %).

## Emissioner av växthusgaser



Figur 22. Emissioner av växthusgaser från produktion och användning av tre sorters panntuber i avfallspanna.

Koldioxid är den helt klart dominerande växthusgasen från samtliga system. Uppkomsten av CO<sub>2</sub> inom varje system visas i Figur 23. Biogen koldioxid, d.v.s. till exempel från biobränsle räknas inte med i parametern CO<sub>2</sub>.



Figur 23. Källmoduler som bidrar till CO<sub>2</sub>-utsläppet. Teckenförklaringen motsvarar källan i fallande storleksordning av utsläpp, jmf Figur 17. Staplarna är färgade efter system: grön = lågleg, BF, turkos = komposit och grå = lågleg, EAF.

## Effekter av förbrukning av gasol vid rörbrott

Enligt information från Renova så kan ett oplanerat driftstopp orsakat av att en tub gått sönder orsaka stillestånd i mellan 3- 4 dygn. För de låglegerade rören har vi antagit att vi har 8 driftstopp under en 8 årsperiod, motsvarande ca 28 dygns driftsstopp.

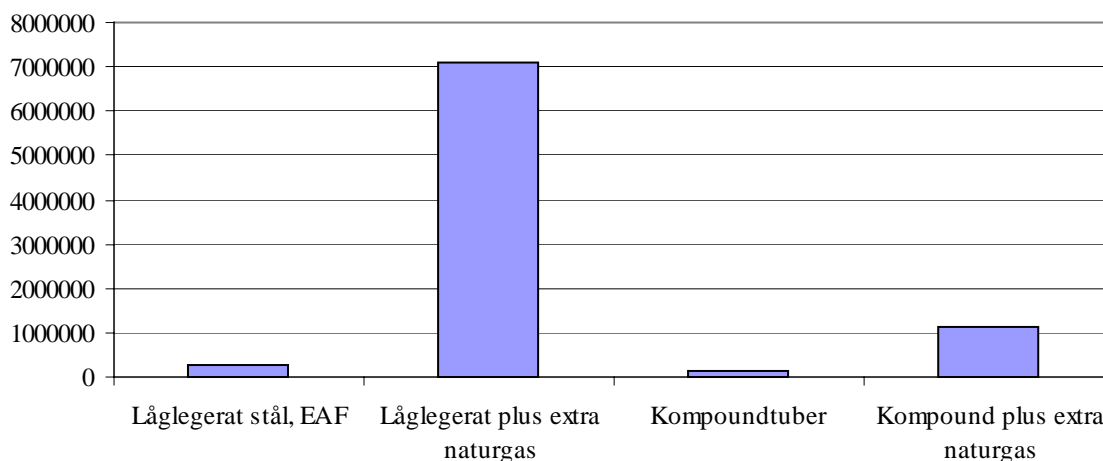
Detta kommer att orsaka ett behov av stödbränsle för Göteborgs Energis räkning. Man har reservpannor som eldas med naturgas. Vi kan nu beräkna den extra mängd naturgas som kommer att förbrukas, och det ökade CO<sub>2</sub> utsläpp som detta orsakar.

kg CO <sub>2</sub> /GJ förbränd naturgas	GJ/ timme ersatts förbränning	kg CO <sub>2</sub> /timmes stopp
68	150	10200

Totalt förbränns i pannan 15 ton avfall per timme motsvarande 150 GJ Energi, (avfall har ett energiinnehåll på 10 MJ per kg).

Enligt tabellen ovan innebär detta en emission om  $150 * 68 = 10200 \text{ kg CO}_2$  per timme, eller för de totalt 28 dagarnas beräknat driftstopp en ökad CO<sub>2</sub> emission på 6 854 000 kg.

För komponenttuberna fås betydligt färre oplanerade driftsstopp, uppskattningsvis ett driftstopp om 4 dygn under en 8 årsperiod motsvarande en ökning med 980 000 kg CO<sub>2</sub>. I figuren nedan visas hur detta påverkar utsläppen av CO<sub>2</sub> i de två fallen.

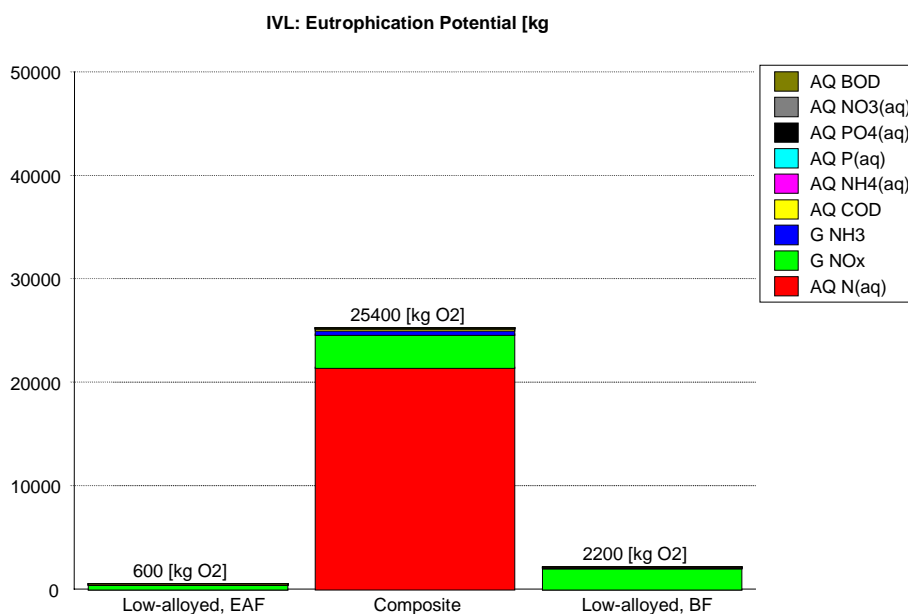


Figur 24. Förändring av CO<sub>2</sub> utsläpp för de två olika panntuberna då hänsyn tas till effekt av rörbrott.

Som synes i figuren ovan så överskuggar dessa extra emissioner vid rörbrott de CO<sub>2</sub> emissioner som tillverkningen av rören orsakar mångdubbelt.

I referens [15] finns det underlag för en mer exakt LCA beräkning, där emissionerna från avfallsförbränningen för olika hushållsfraktioner beskrivs liksom emissionerna som avfallet orsakar vid deponering.

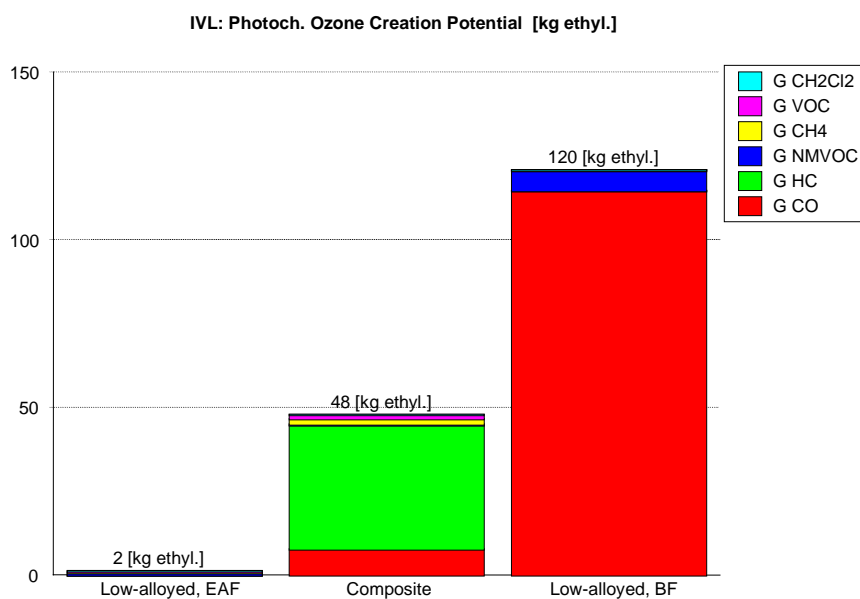
## Eutrofieringspotential



Figur 25. Eutrofieringspotential från produktion och användning av tre sorters panntuber i avfallspanna.

Systemet med komponenttuberna står för den största potentiella eutrofieringen. De största kväveutsläppen inom detta system uppkommer vid tillverkningen av nickel (98 % av ospec. N).

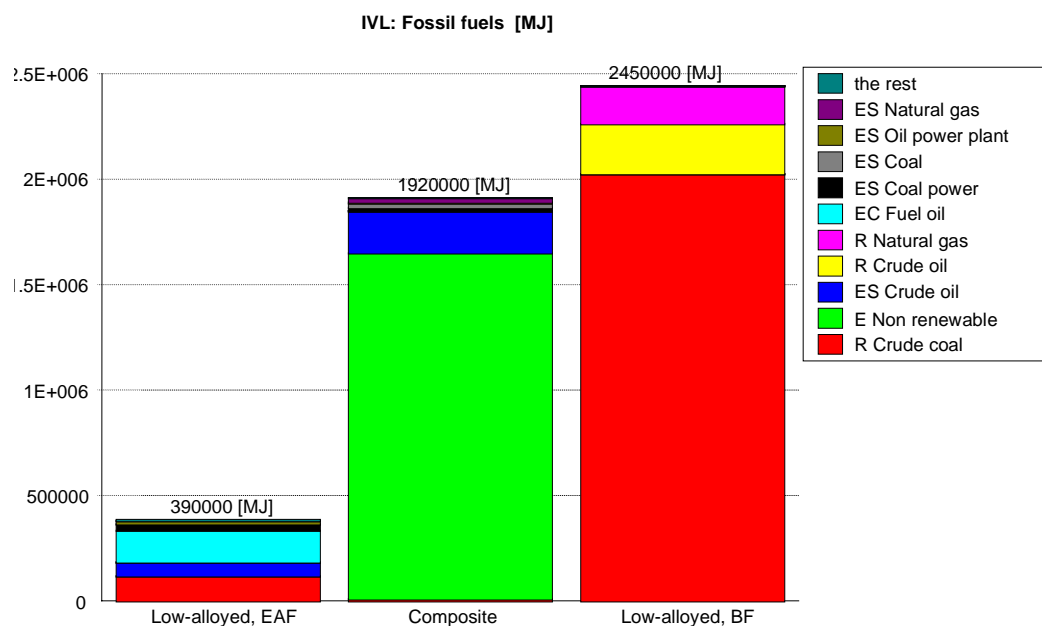
## Emissioner som ger upphov till marknära ozon



Figur 26. Emissioner som ger upphov till marknära ozon från produktion och användning av tre sorters panntuber i avfallspanna.

Stora utsläpp av kolmonoxid vid framställningen av det malmbaserade stålet medför att systemet med rör av det stålet får högt värde i effektkategorin ”marknära ozon”. Enligt de data som använts här (IISI 2002) sker dessa utsläpp vid stålverket snarare än i utvinning av råmaterial.

### Förbrukning av fossila bränslen



Figur 27. Förbrukning av fossila bränslen för produktion och användning av tre sorters panntuber i avfallspanna.

Framställningen av nickel och ferrokrom står för 70 respektive 30 % av parametern *Non-renewable energy* i systemet med komponenttuber. Vid jämförelse inom effektkategorin ”fossila bränslen” måste man ha i åtanke att variabeln *Non-renewable energy* även kan innehålla en viss del energi från kärnkraft, som inte räknas som fossilt. En jämförelse med CO<sub>2</sub>-utsläppen som visas i kategorin ”växthusgaser” ger en indikation om hur relationen mellan de tre systemen bör se ut i den här kategorin, eftersom CO<sub>2</sub>-utsläppen i stort sett uppkommer vid förbränning av fossilt material. Den stora mängd kol som går åt inom systemet med malmbaserad tillverkning av låglegerade rör är främst kol till koksning.

### Dataluckor

Vi saknar uppgifter för kisel och mangan, dessa legeringsämnen finns båda i halter < 1 % i komponenttuberna respektive i de låglegerade tuberna. Vi bedömer att bidraget från dessa ej väsentligt kommer förändra storleken på de undersökta miljöparametrarna.

Uppgifter saknas även för molybden som finns i det rostfria skiktet på komponenttuberna i en halt på 3,5 %. Detta är nästan 10 ggr lägre än nickelhalten. Om vi antar att molybden, som framställs från  $\text{MoS}_2$ , i värsta fall har utsläpp som är 5 ggr så höga som utsläppen vid nickelproduktionen per kg framställd legeringsmetall skulle växthusgasutsläppen för komponenttuberna i detta fall bli något mindre, 250000 kg relativt 134000 kg  $\text{CO}_2$ , (se figur 22). Detta påverkar därmed inte resultatet nämnvärt. För de försurande ämnena skulle man få ytterligare utsläpp för komponentalternativet, detta kommer dock inte påverka den relativa rangordningen mellan alternativen, där ju komponenttuberna redan klart dominerar.

Vi saknar bidraget från transporten och installationen av de färdiga panntuberna, dessa bidrag bedöms dock vara små relativt de övriga bidragen.

## Bilaga 2. Ekonomi

Ekonomisk lönsamhet vid jämförelse av material

I denna inledande studie begränsar vi oss till att främst studera rent företagsekonomiska kostnader. Vi har inte studerat samhällsekonomiska kostnader och konsekvenser av en materialomställning.

I företagskostnader, FK, ingår investeringskostnad och underhållskostnad.

Underhållskostnaden är endast medtagen i panntubsfallet. Där redovisas den kostnad som uppstår i samband med den stödvärmning som krävs i samband med de stillestånd som årligen beräknas inträffa. Arbetskostnader i samband med tubbyten finns med i själva investeringskostnaderna och redovisas inte separat.

Jämförelserna mellan de olika alternativen görs på den fasta årskostnad (annuitet) vilken beräknas på respektive produkts tekniska livslängd, dvs när man faktiskt p.g.a. slitage eller som i detta fall korrosion måste byta ut ett material, och inte den ekonomiska livslängden, dvs när produkten eller materialet är avskrivet.

Arbetsgången vid beräkningarna har varit att först beräkna nuvärdet för summan av alla investeringar och underhållskostnader som kommer äga rum under den planerade driftstiden (d.v.s. 100 år i lyktstolpsfallet och 8 år i panntubsfallet).

Nuvärdet av ett belopp (utgift eller intäkt) beräknas enligt formeln

$$\text{Nuvärde} = \text{Belopp} \times (1 + r)^{-t}$$

där  $r$  = räntesatsen och  $t$  = det antal år som förflutit mellan den ursprungliga investeringen och det år beloppet egentligen utfaller till betalning eller blir en intäkt.

Efter det att vi beräknat nuvärdet för summan av alla kommande utgifter så fördelas denna summa på annuiteter, dvs årliga lika stora betalningar. (Detta motsvarar i princip att man tar ett annuitetslån hos en bank).

Annuitet beräknas enligt följande:

$$I = \frac{k(1+r)^t r}{(1+r)^t - 1}$$

där

$k$  = summan av nuvärdet för de olika produkterna

$r$  = räntesats

$t$  = beräknad teknisk livslängd



I kalkylen för lyktstolpsstudien har hänsyn tagits till ett skrotvärde för produkterna. De värden som ansatts är 740 SEK/ton för järnskrot och 7500 SEK/Ton för rostfritt material. Uppgifterna är hämtade från ett skrotåtervinningsföretag. Dessa siffror återspeglar en dagsaktuell situation, men används för att beräkna situationer som ligger 40, 80 resp 100 år fram i tiden vilket medför stora osäkerheter i bedömning av resultaten.

Dessutom har ett restvärde för ej skrotade produkter antagits i de fall den antagna tekniska livslängden varit längre än den betraktade tidsperioden. Detta senare betyder att låglegerade lyktstolpar i Östersund antas ha ett restvärde av 750000 SEK, dvs ytterligare 60 års livslängd, medan lyktstolpar i Stockholm antas ha restvärdet 500000 SEK på grund av sin kortare livslängd. De rostfria stolparna antas i båda fallen ha livslängden 100 år och har inte ansatts något restvärde.

När det gäller panntuberna har inga beräkningar avseende skrot- eller restvärde genomförts. Ett restvärde är inte möjligt, då tuberna, vare sig de rostfria eller de låglegerade, inte kan användas efter den betraktade tidsperioden.

## Fallstudie Lyktstolparna

Den totala tekniska livslängden för en väg antas här vara 100 år. Två olika orter har studerats, Östersund och Stockholm. Livslängden för den rostfria stolpen har i samtliga fall antagits vara minst 100 år.

Livslängden för de varmförzinkade stolparna antas vara 80 år i Östersund och 40 år i Stockholm (se bilaga 4).

Kostnadsanalysen har gjorts för 6 km väg innefattande ett uppskattat antal om 100 stolpar med 12 meters höjd och en armaturarm på 2,5 meter. Kostnaden för respektive stolpe inklusive monteringen och för den varmförzinkade stolpen, inklusive fundament, är 10 000 SEK för båda stolparna.

Årlig annuitet:

**Östersund.** Alla kostnader i kSEK

Rostfri stolpe		Varmförzinkad stolpe	
4 %	12 %	4 %	12 %
40,8 kSEK	120 kSEK	42,0 kSEK	120 kSEK

**Stockholm.** Alla kostnader i kSEK

Rostfri stolpe		Varmförzinkad stolpe	
4 %	12 %	4 %	12 %
40,8 kSEK	120 kSEK	50,7 kSEK	121,3 kSEK

Att differenserna mellan materialen inte blir större beror på hänsynstagandet till skrot- och restvärden. Notabelt är att den långa livslängden för den rostfria lyktstolpen gör att effekten av ett skrotvärde endast blir marginell vid 4 % kalkylränta, medan någon effekt inte kan påvisas vid 12 % ränta.

Vid 4 % kalkylränta blir det alltså enligt dessa beräkningar lönsamt att investera i rostfria stolpar i Stockholmsfallet. Om vi räknar med en kalkylränta på 12 % blir fördelen med att använda rostfritt stål däremot marginell. I Östersundsfallet blir kostnaden för de två alternativen ungefär lika stora.

Orsaken till att vi inte ser någon skillnad i Stockholmsfallet när man räknar med en 12 % kalkylränta är att nyinvesteringar, skrotvärden mm som inträffar eller noteras senare än 40 år efter installation inte har någon praktisk betydelse för resultatet eftersom nuvärdet för dessa händelser sjunkit till mindre än 0,01. Skulle man däremot räkna med en 2 % kalkylränta skulle annuiteterna för rostfri stolpe respektive varmförzinkad stolpe vara 22,7 kSEK och 36,7 kSEK i Stockholmsfallet, vilket visar kalkylräntas stora betydelse för långsiktiga investeringar

Varför används inte rostfritt i högre utsträckning än vad man gör idag? Det kan vara så att man oftast vill ha fundament för att få en stadigare placering. Om så är fallet kommer den rostfria stolpen bli dyrare än den varmförzinkade. Det kan även vara så att man har ett fåtal leverantörer av lyktstolpar och att kunderna är relativt konservativa vid sin upphandling.

## Fallstudie Panntuberna

Vi vill här jämföra kostnaderna för de olika panntuberna under en 8 årsperiod.

Kolstålsrören beräknas hålla 2 år. Under en 8-årsperiod beräknas 8 oplanerade stopp p.g.a. rörbrott behöva genomföras, då delar av panntuberna byts. Varje sådant stopp tar ca 3-4 dygn och beräknas medföra ett inkomstbortfall på ca 1,2-1,6 MSEK (394 kSEK per dygn).

Kompoundtuberna antas däremot ej behöva bytas alls under en 8 årsperiod, 1 oplanerat driftstopp på 3,5 dygn beräknas ändå kunna ske p.g.a. att en enstaka tub behöver bytas.

Installations- + inköpskostnaderna för compoundtuberna antas vara 6000-6500 SEK/m, för de låglegerade tuberna antas motsvarande kostnad vara 3000-3500 SEK/m. Totalt installerad längd panntuber antas vara 3200 m.

I Tabell 5 visas utgifterna för de olika alternativen fördelade i tiden.

Tabell 5. Kostnader för komponenter respektive låglegerade rör, fördelade i tiden.

År	Komponent	Komponent	Låglegerat	Låglegerat
	Installation	Stillestånd	Installation	Stillestånd
0-1	20 000 000	172 000	10 400 000	1380 000
1-2		172 000		1380 000
2-3		172 000	10 400 000	1380 000
3-4		172 000		1380 000
4-5		172 000	10 400 000	1380 000
5-6		172 000		1380 000
6-7		172 000	10 400 000	1380 000
7-8		172 000		1380 000

Här har den beräknade stilleståndskostnaden fördelats jämnt under hela 8 årsperioden.

Årlig annuitet kan nu beräknas för de två alternativen.

### Årlig annuitet

Alla kostnader i MSEK

Komponent			Låglegerat		
Ingen ränta	4 %	12 %	Ingen ränta	4 %	12 %
3,05	3,53	4,59	7,52	7,80	8,38

I och med att en stor del av kostnaden är av typ underhållskostnader känns det naturligt att främst titta på fallen med ingen eller låg ränta.

Det visar sig här att komponentalternativet är klart mest ekonomiskt. Om hänsyn dessutom tas till skrotvärdet för de båda materialalternativen, skulle det höga Ni- och Mo-innehållet i det rostfria skiktet ytterligare förbättra kalkylen till komponentrörens fördel.

Om livslängden endast uppfyller de garanterade 5 åren kommer kalkylen förändras för komponentstuber, se nedan.

Alla kostnader i MSEK

Komponent			Låglegerat		
Ingen ränta	4 %	12 %	Ingen ränta	4 %	12 %
5,22	5,79	6,81	9,21	9,39	9,83

Som synes är fortfarande komponentalternativet gynnsammast även i detta fall.

## Bilaga 3. Utvärdering av social påverkan

Kapitlet om sociala faktorer har vi delat upp i två delar; arbetsmiljö och övrig social påverkan. Vi har begränsat oss till att endast titta på de faktorer som rör lyktstolpstillverkningen i Stockholmsfallet.

Vi har här inte beräknat den sociala påverkan för de olika panntuberna. Man kan dock anta att det liksom för lyktstolparna till stor del kommer vara primärproduktionen av metallerna som orsakar den största sociala påverkan. Därför blir resultatet, liksom för LCA analysen, mycket beroende av om man antar att det låglegerade stålet tillverkas från malm eller skrotåvara. Det som tillkommer är ett betydande arbete vid byten av avfallspannerören som troligen ger högre arbetsskador för det alternativ som behöver bytas oftast, dvs kolstålstuberna.

### Metodik

#### Arbetsmiljö - metodik

För arbetsmiljö, har det utvecklats metoder för att göra en kvantitativ livscykelanalys precis som för yttre miljön. Bland andra IVL har tidigare utvecklat metoder för arbetsmiljö-LCA [19, 20, 21, 22]. IVLs metod bygger på användandet av arbetsskadestatistik, där antalet arbetsskador i en bransch (SNI-kod) relateras till någon form av produktionsvolym inom branschen. Det innebär att arbetsmiljö-LCA relaterar till samma funktionella enhet som en konventionell LCA. I detta projekt är de ekonomiska ramarna starkt begränsade vilket innebär att resurserna inte räcker för att göra en fullständig arbetsmiljö-LCA. I mycket begränsad omfattning har IVL:s metod använts för att göra en grov bedömning av arbetsmiljöbelastningen från de två alternativen. Vi har alltså valt att utföra en mycket förenklad arbetsmiljö-LCA för att relativt snabbt och enkelt få fram ett underlag med målsättningen att ge en översiktlig huvudsakligen kvalitativ bild av arbetsmiljön där skillnaderna i arbetsmiljöbelastning jämförs för de två alternativen. Eftersom resurserna varit begränsade, har i denna studie valts att prioritera yrkesskadestatistiken före produktionsdata. Det innebär att till skillnad från en fullständig arbetsmiljö-LCA presenteras mycket statistik i termer av dödsfall och olyckor per antal anställda istället för i relation till den funktionella enheten.

De två alternativ som ska jämföras är relativt likartade. Arbetsmiljö-LCAn har inriktats på att beskriva skillnaderna mellan de två alternativen.

I de delar av studien där arbetsmiljöbelastningen har beräknats är resultaten begränsade till antalet sjukfrånvarodagar/producerat antal lyktstolpar enligt de olika fallbeskrivningarna. Klassificering av olycksfall och yrkessjukdomar påverkas kraftigt av olika

länders lagstiftning och försäkringssystem [22]. Även vid allvarigare olyckor kan klassificeringen avvika mellan länder, t ex färdolyckor på väg till eller från arbetet räknas som arbetsolycka i Sverige. För att minska lagstiftningens inverkan på olika länders klassificeringar av olycksfall och yrkessjukdomar, samt brist på yrkesskadestatistik, har skillnaden i dödsfallsfrekvens (antal döda på grund av arbetet/100 000 anställda) använts för att skatta antalet olycksfall och yrkessjukdomar genom att de svenska värdena från branschen räknas upp med den faktor som erhålls från aktuellt lands dödsfallsfrekvens/svensk dödsfallsfrekvens.

### **Arbetsmiljö - resultat, metodik**

IVL:s metod för utvärdering av arbetsmiljöbelastningen har tidigare testats i ett fåtal fall. I den aktuella fallstudien med lyktstolpar visade det sig tidskrävande att få fram både produktionsdata och olycksfallsstatistik från främst utvecklingsländer. Detta medförde att med de avsatta tidsramarna blev studien mycket begränsad.

De förenklingar som genomförts påverkar precisionen i utvärderingen. Vid stora differenser i arbetsmiljöbelastningen, som i de aktuella fallen med lyktstolparna i Stockholm och Östersund, är det dock möjligt att grovt jämföra de två alternativen även om dataluckorna är stora.

### **Övrig social påverkan - Metodik**

Ett flertal internationella organisationer har inlett initiativ för att hjälpa företag att inrikta sitt arbete mot att bidra till en socialt hållbar utveckling eller ett socialt ansvarstagande i sina affärer. OECD gjorde nyligen en studie där 128 sådana initiativ var listade. Samtliga av dessa initiativ är inriktade på rapportering utifrån ett företagsperspektiv och förespråkar ett hänsynstagande till arbete, mänskliga rättigheter, samhälle och miljö. Det finns dock ingen eller mycket liten dokumentation om användning av sociala indikatorer utifrån ett produktperspektiv.

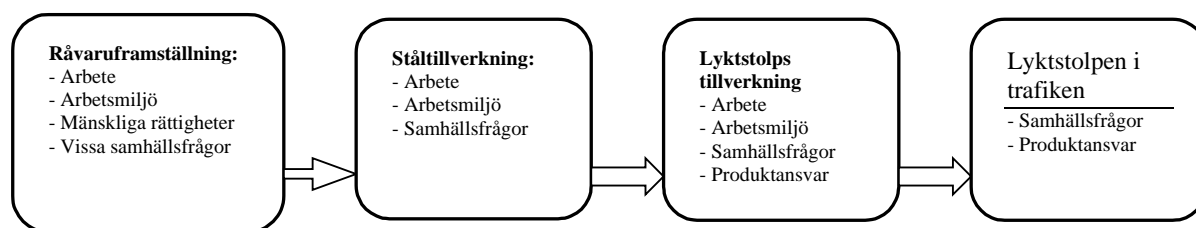
GRI [33] har tagit fram indikatorer för de tre områdena miljö, ekonomi och sociala aspekter. De sociala indikatorerna bygger på OECD:s riktlinjer för multinationella företag, ILO:s konventioner och FN:s deklaration för mänskliga rättigheter. I arbetet med att ta fram sociala indikatorer i denna studie har vi utgått från GRI:s indikatorer och formulerat om dem i ett försök att tillämpa dem i ett produktperspektiv.

GRI:s sociala indikatorer är uppdelade i fyra olika kategorier enligt Tabell 6 nedan:

Tabell 6 GRI:s fyra kategorier för sociala indikatorer

Kategorier	Vad som innefattas i respektive kategori
<i>Arbetspraxis och anständigt arbete</i>	Denna kategori behandlar skapande av arbetstillfällen, arbetsvillkor såsom hälsa och säkerhet på arbetsplatsen, relationer mellan arbetare och ledning samt utbildning.
<i>Mänskliga rättigheter</i>	Denna kategori är baserad på olika internationella konventioner såsom FN:s deklaration för De mänskliga rättigheterna och OECD:s riktlinjer för multinationella företag och tar upp frågor såsom barnarbete, diskriminering, anslutningsfrihet, inföddas rättigheter etc.
<i>Samhälle</i>	Detta område behandlar frågor som mutor, politiska insatser, konkurrens och prissättning, men också huruvida företagen mottagit priser och erkännanden för sociala och etiska framsteg.
<i>Produktansvar</i>	Produktansvarskategorin behandlar hälsa och säkerhet för kunder, etik för reklam och annonsering, produkter och service.

Vi har begränsat oss till att studera lyktstolpsalternativet och tittar endast på Stockholmsfallet. Som nämns tidigare i avsnittet om förutsättningar har vi i Stockholmsfallet beräknat att en lyktstolpe har en livslängd på 40 år för den låglegerade stolpen respektive 100 år för den rostfria stolpen. Vår systemgräns för att titta på de sociala indikatorerna omfattar hela kedjan, från råvaruframställning till ståltillverkning fram till att lyktstolpen står färdig och används i trafiken. P.g.a. informationsbrist har vi dock begränsat oss till den svenska tillverkningen och för råvaruframställningen har vi endast tagit hänsyn till varifrån råvaruinköpen görs. I Figur 28 presenteras de indikatorer vi tagit fram för varje steg i tillverkningsprocessen.



Figur 28. Valda indikatorer för de olika stegen vid tillverkning och användning av produkten

Där det varit möjligt att ta fram kvantitativa indikatorer väger vi samman dessa för att få en mer komplett analys. Som bas för viktningen använder vi arbetstid och/eller materialåtgång som är nödvändigt till den funktionella enheten, sex kilometer upplyst väg, vilket här antagits motsvara 100 lyktstolpar<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Detta antagande bygger på att vi beräknat ca 60 meter mellan varje lyktstolpe.

Den information som ligger till grund för resultatet och analysen baseras på information från två ståltillverkande företag och två lyktstolpstillverkande företag i Sverige samt två olika inköpare av lyktstolpar. De ståltillverkande företagen har svarat på ett frågeformulär och övriga företag har intervjuats per telefon. Svaren som gäller den rostfria stolpen är ett genomsnitt av svaren från det stål- och lyktstolpstillverkande företagen. Detsamma gäller för den låglegerade stolpen. I vissa fall gäller siffrorna endast själva ståltillverkningen, i dessa fall står det speciellt uttryckt i texten.

### **Arbetspraxis och anständigt arbete**

En av indikatorerna i denna kategori är arbetstillfällena där vi använt indikatorn antal anställda per produkt och år. Det som är intressant här är hur många fler eller färre arbetstillfällen en materialomställning skulle ge upphov till. Som en indikator på svårigheten att inte ha ett arbete, dvs om omställningen av material skulle ge färre arbetstillfällen än tidigare, har vi studerat arbetslöshetssiffrorna för branschen. Ju större arbetslöshet, ju sämre är möjligheten att få ett nytt arbete och kostnaden för samhället blir större. De arbetslöshetssiffror som presenteras gäller bara för ståltillverkningen i Sverige och inte själva lyktstolpstillverkningen.

Det som GRI kallar *relationer mellan arbetare och ledning* är ett mått på trygghet och inflytande. Trygghet och inflytande återspeglas i anställningsvillkor och huruvida man är medlem i fackförening eller annan liknande organisation som företräder den anställdes intressen. Graden av trygghet kan speglas i hur den anställda finansieras vid en uppsägning och hur villkoren vid ett varsel och uppsägning är.

För *hälsa och säkerhet* har vi tittat specifikt på arbetsmiljö, vilket behandlas i avsnittet om arbetsmiljö.

*Träning och utbildning*. Här har vi tittat på antalet timmar utbildning eller specialträning som varje anställd får och räknar om det till utbildningstimmar per produkt. Vi begränsar oss till Sverige p.g.a. svårigheter att få information från leverantörer.

En annan social faktor att ta hänsyn till i ett materialval är om det finns *lika möjligheter* för kvinnor och män såväl som för invandrare. Det mått som kan återspegla detta är antal anställda som är kvinnor, män och invandrare samt hur uppdelningen är i styrelse och ledning.

Tabell 7. GRI indikatorer / föreslagna indikatorer för arbetspraxis och anständigt arbete

GRI indikator	Föreslagen indikator
Arbetsstillfällen	Antal anställda per tio km upplyst väg för låglegerat och rostfritt stål.
	Nettoskapande av arbetsstillfällen vid en total omställning från låglegerat stål till rostfritt och vice versa.
	Arbetslöshetssiffror som ett mått på möjligheten att hitta ett nytt arbete.
Relationer mellan arbetare och ledning	Procent av anställda som är medlemmar i fackförening.
	Grad av inflytande. Grad av trygghet mätt som grad av finansiering vid en uppsägning.
Hälsa och säkerhet	Behandlas i arbetsmiljödelen
Träning och utbildning	Antal tränings - och utbildningstimmar per anställd för utbildning som är kopplad till företagets verksamhet.
Mångfald och möjligheter	Antal anställda kvinnor/män, olika etnisk tillhörighet.
	Finns jämställdhetspolicy?
	Antal kvinnor, män och invandrare i ledning och styrelse.

## Mänskliga rättigheter

Då en stor andel av råvarorna köps in via råvarubörs har det varit svårt att följa råvarornas väg till en specifik leverantör. Vi har därför för temat mänskliga rättigheter gjort gemensam indikator "mänskliga rättigheter" i form av en ranking utifrån de länder där råvaror inhandlas. Denna ranking baseras på the Observer:s Human Rights Index. The Observers Human Rights Index har tagit fram en viktad tabell där de värsta brotten mot mänskliga rättigheter får hög poäng. Denna multipliceras sedan med FN:s Human Development Index som baseras på beräknad livslängd, läskunnighet, skolgång och BNP. Detta har effekten att länder med relativt högt välstånd som bryter mot mänskliga rättigheter får högre poäng än de länder med dåliga ekonomiska och sociala problem, dvs det straffar länder som borde veta bättre.

Vi har inkluderat de råvaror som behövs för tillverkningen av de olika materialen och från vilka länder de kommer. Genom att för varje land ta fram Observers Human Rights Index och vikta denna siffra mot varje råvaras andel av total mängd har vi tagit fram en sammanvägd siffra för materialen.



Tabell 8. GRI indikatorer /föreslagna indikatorer för mänskliga rättigheter

GRI indikator	Föreslagen indikator
Ranking utifrån Human Observers Rights Index	Vägd ranking av råvaruinköp, baserat på råvarans vikt i andel av total vikt på samtliga råvaror.
Tvångsarbete, barnarbete, brott mot mänskliga rättigheter.	Inköp från något av länderna på Observers Human Rights Index?
Strategi och Ledningspolicy	Finns policy för att ta itu med förhållanden i dessa länder?

## Samhälle

Denna del tar hänsyn till hur företaget påverkar samhället, ur ett både positivt och negativt synsätt. Det har varit svårt att hitta indikatorer som kan härledas direkt till materialvalet i produkten, varför det i stället har rört sig runt en diskussion kring medverkan eller påverkan för samhället. För att hitta indikatorer som kan ge rättvisa för indikatorn *samhällsansvar* har vi tittat på om företaget mottagit erkännanden eller priser för aktiviteter som kan spåras till produkten i fråga. Vi har också undersökt om företaget på något sätt bidragit till positiva samhällsinvesteringar och hur stor del av företagets budget som går till detta.

De två indikatorerna *mutor och korruption* har vi givit ett ja eller nej. Detta är företagsorienterat och svårt att härleda till produkten.

För att få en bild över *konkurrens och prissättning* har vi fört en diskussion om det förekommer risk för kartellbildning och icke fri konkurrens.

Tabell 9. GRI indikatorer / föreslagen indikatorer för samhällsansvar

GRI indikator	Föreslagen Indikator
Samhällsansvar	Mottagna priser eller erkännanden för sociala, etiska och miljömässiga framsteg.
	Del av företagets budget som går till samhällsinvesteringar.
Mutor och korruption	Har mutor eller korruption förekommit i något produktionsled fram till den färdiga produkten?
	Finns riktlinjer och policies för detta?
Konkurrens och prissättning	Eventuell risk för kartellbildning och brott mot monopolregler i de tre olika leden i produktens framställning.

## Produktansvar

Under denna kategori indikatorer har vi i kedjan kommit fram till den slutliga produkten och hur den fungerar ute på vägarna och hur den uppfyller sin funktion på ett socialt acceptabelt sätt.

*Kundhälsa och säkerhet* behandlar huruvida produkten orsakat skada i trafiken. För att kunna få jämförbara siffror har vi använt oss av grad av eftergivlighet av stolpen som ger ett mått på hur pass bra bilen klarar av en krock.

*Produkter och service samt annonsering* tar upp produktens märkning och information till kunden. Vårt sätt att göra en jämförelse här är att se om den färdiga lyktstolpen när den levereras har en speciell märkning och om den innehåller tillräcklig information. Vi har också studerat om reklam och annonsering av lyktstolpen någon gång har brutit mot annonseringsregler.

Tabell 10. GRI indikatorer / föreslagen indikator för produktansvar

GRI indikator	Föreslagen indikator
Kundhälsa och säkerhet	Antal tillfällen då produkten (lyktstolpen) orsakat skada. Ev. korrosion som skapar trafikstörning och trafikfara. Hur påverkas trafiken av lyktstolpsutbyten, hur stora trafikstörningar ger det upphov till?
	Hur pass farlig är produkten för bilister? Grad av eftergivlighet vid krock.
	Känslighet och grad av påverkan vid påkörning vid t.ex. snöröjning?
Produkter och Service	Är produkten väl märkt och innehåller den tillräcklig information till kunden för dess funktion och eventuella problem som kan uppstå.
Annonsering	Strider reklam och annonsering av produkten mot annonseringsregler?

## Resultat

### Arbetsmiljö - resultat

Arbetsmiljöbelastningen vid framställning av råvaror och energi till lyktstolparna framgår av Tabell 11. I tabellen har endast de material medtagits som har stor påverkan på utfallet. Arbetsmiljöbelastningen vid utvinning av olja kan ha betydelse, men är inte medtagen på grund av brist på data. För kol och krom har dödsfall använts enligt statistik från Polen [31] respektive Sydafrika (för den andel som bryts i Sydafrika [32]). Kol antas komma från Tyskland och Polen. Polska värden har använts eftersom skillnaden i dödsfallsstatistik är liten. Om kol från länder med stor andel brytning från dagbrott används kommer den aktuella arbetsmiljöbelastningen/lyktstolpe att minska.

Arbetsmiljöbelastningen vid råvaruframställning av råvaror och energi är högre för de båda kolstålfallen (se tabell 11). Den största skillnaden är den mellan kolstål – Stockholm och kolstål - Östersund. Skillnaden mellan kolstål – Östersund och rostfritt är betydligt mindre. Eftersom det finns stora dataluckor i materialet är det svårt att uttala sig om vilket stolpmaterial som är bäst i Östersunds-fallet.

Tabell 11 Arbetsmiljöbelastningen vid framställning av råvaror och energi för tillverkning av lyktstolpar i låglegerat stål och rostfritt.

		Arbetsmiljöbelastning, sjukfrånvarodagar		
		Låglegerat stål		Rostfritt stål, sjukdagar/100 stolpar
		Stockholm, sjukdagar/250 stolpar	Östersund, sjukdagar/125 stolpar	
Råvaror	Krom	0,001	0,000	0,061
	Kol	1,00	0,50	0,39
	Järn (ny)	0,18	0,092	0,004
	Järn (skrot), produktionsdata saknas			
	Kvartsit, Produktionsdata saknas.	0	0	1150 kg åtgår. Ämnet orsakar både silikos och lungcancer. Under senare år har dock inget fall registrerats inom gruv- och stålindustrin.
	Zink	0,006	0,003	
	Betongfundament. Produktionsdata saknas	Betongfundament på 225 kg till varje kolstålsstolpe ger arbetsmiljöpåverkan vid framtagning av råvaror och produktion.		
Energi. Brister i data	I tidigare arbetsmiljö-LCA har energiproduktionen haft stor betydelse vid utvärderingen. Totalt åtgår betydligt mer energi vid tillverkningen av de rostfria stolparna. Referens se "Inventeringsdata för LCA av lyktstolpar" i Bilaga 1 [24, 25, 26]. Mängden olja är även större för den rostfria stolpen. Förbrukningen av kol däremot är betydligt högre för kolstålsstolparna.			

Olycksfall- och yrkesskadestatistiken vid tillverkning av låglegerat och rostfritt stål, stolpar, betongfundament samt transporter framgår av Tabell 12.

Tabell 12 Yrnesskadestatistik -dödsfall, olycksfall och yrkessjukdomar inom aktuella verksamheter [5].

Bransch, yrkesgrupp eller område	Antal dödsfall i arbetet/100 000 anställda	Antal skadade och insjuknade/1000 anställda
Medelvärde Sverige	1,97	15,5
Stål, metall och rörtillverkning	0	38
Metallbeläggning	1	24
Betongvarutillverkning	1	42
Transporter	10	20

Värdena visar att yrkesskadorna inom de branscher som är aktuella vid lyktstolptillverkning genomgående är över riksgenomsnittet. Vid ståltillverkningen var sjukdomsorsakerna; belastning ca 70%, kemiska hälsorisker och buller vardera ca 10% samt sociala och organisatoriska faktorer ca 5% [23]. Den yrkesgrupp som är mest olycksdrabbad i stål och smältverk är operatörer som har mycket höga olyckstal, för män inträffar 50 olycksfall/1000 anställda [23].

Vid framställningen av stolparna inklusive rörtillverkning kan inte någon betydande skillnad i arbetsmiljön konstateras. Skillnaden i arbetsmiljöbelastning orsakas främst av den betydligt större mängden material som åtgår i fallet låglegerat stål eftersom stolparna är tyngre och flera.

Ytbehandling och tillverkning av betongfundamentet är två produktionsled som enbart gäller den låglegerade stolpen. Både produktionsstegen har betydligt högre andel olycksfall och yrkessjukdomar än medelvärdet för svenskt näringsliv. Målningen med epoxi är inte medtagen i utvärderingen eftersom vi saknar data. Epoximålningen bedöms ha liten påverkan, trots risken för allergiska besvär vid hantering, eftersom det är små mängder som produceras och används.

Våra vägar är inte oväntat en farlig plats enligt yrkesskadestatistiken. De rostfria stolpar transporteras ca 1500 km och de galvaniserade stolparna ca 2570 km. Bidraget på arbetsmiljöbelastningen från de aktuella transportererna är dock litet.

Uppsättning av lyktstolpar är ett farligt arbete som alla arbetsuppgifter som ibland medför arbete på trafikerade vägar. Med den rostfria stolpen sker detta arbete betydligt mindre ofta och arbetet är enklare eftersom stolpen är lättare och utan ett tungt fundament.

Idag är det vanligt att hela den låglegerade stolpen målas. Vid mindre skador på ytskiktet kan korrosion ske. Behovet av besiktning och underhåll är betydligt större för den låglegerade stolpen.

## Övrig social påverkan - resultat

### Arbetspraxis och anständigt arbete

Vid tillverkningen av den låglegerade stolpen arbetar 7,5 gånger mer personal än i tillverkningen av den rostfria stolpen. (se resultat i tabell nedan). Observera att tillverkningen av legeringsämnen inte är inkluderad. Den största delen av arbetsbehovet orsakas av den slutliga mekaniska tillverkningen av lyktstolparna, där det för de låglegerade även ingår varmförzinkning och målning. Att siffran är så hög beror också på att det krävs mer stål för varje tillverkad lyktstolpe samt att den låglegerade stolpen behöver bytas ut 2,5 gånger mer än den rostfria (Stockholmsfallet). Liknande förhållanden gäller för utbildning av personal där den låglegerade resulterar i 80 timmar per funktionell enhet i jämförelse med 6 timmar för den rostfria. I ett tankeexperiment där stolpar för 60 mil upplyst väg skulle tillverkas så skulle 217 färre anställda behövas om lyktstolparna tillverkas i rostfritt stål. Effekten av detta skulle dock fördelas under en 100 års period.

Övriga indikatorer inom området arbete är relativt lika för båda typer av stolpar. Vi jämför två material som återfinns inom samma bransch varför en mer generell diskussion om vad som kommit fram i denna studie om branschen snarare är på plats:

- *Arbetslösheten* ligger på mellan 3-5% av metallanslutna arbetare. Dessa siffror gäller själva ståltillverkningen och inte lyktstolpstillverkningen.
- *Relationer mellan arbetare och ledning* är liknande för de båda stolparna, dvs hög grad av anslutning till fackförening, över 95%. Uppsägningsprocedurer följer gängse lagar och regler och det finns inga egentliga avtal utöver dessa.
- Vad gäller *mångfald och möjligheter* är ca 10-15 % av de anställda kvinnor. Det finns också en jämställdhetspolicy och policy för diskriminering. I de företag där den rostfria stolpen tillverkas finns kvinnor med i ledning i jämförelse med tillverkningen av den låglegerade stolpen där inga kvinnor sitter med, men där de däremot sitter med i styrelsen. Olika etnisk tillhörighet registreras ej i de stora företagen, medan det i de mindre företagen (lyktstolpstillverkarna) finns exakta uppgifter beroende på färre anställda vilket underlättar en annan kontroll av de anställda.

Tabell 13. Resultat av indikatorer för arbetspraxis och anständigt arbete. Siffrorna är ett genomsnitt av svaren från de ståltillverkande och lyktstolpstillverkande företagen. I vissa fall gäller siffrorna endast de stolptillverkande företagen, i dessa fall anges det speciellt i texten.

GRI indikator	Föreslagen indikator	Rostfritt	Låglegerat
Arbetsstillfällena	Antal anställda per 6 km upplyst väg för låglegerat och rostfritt stål. <sup>2</sup>	0,43 anställda per år.	2,6 anställda per år.
	Nettoskapande av arbetsstillfällena vid en total omställning från kolstål till rostfritt vid tillverkning av lyktstolpar för en vägsträcka av 60 mil <sup>3</sup> , under en period om hundra år.	Behov: 43 anställda.	Behov: 260 anställda.
	Arbetslöshetsprocent som ett mått på möjligheten att hitta ett nytt arbete <sup>4</sup> . (OBS, statistiken avser endast ståltillverkande företag)	3,6%	4,3%
Relationer mellan arbetare och ledning	Procent av anställda som är medlemmar i fackförening i Sverige.	94%	98-99%
	Grad av inflytande. Grad av trygghet mätt som grad av finansiering vid en uppsägning.	Följer lagar och regler.	Följer lagar och regler.
Hälsa och säkerhet	Behandlas i avsnittet om arbetsmiljö		
Träning och utbildning	Antal träning och utbildningstimmar per anställd för utbildning som är kopplad till företagets verksamhet.	18 tim/ anställd = Ca 6 tim per 6 km upplyst väg.	16-48 tim/ anställd= Ca 80 tim per 6 km upplyst väg.
Mångfald och möjligheter	Antal anställda kvinnor/män, olika etnisk tillhörighet.	18% kvinnor i stålföretag. 10 % kvinnor för stolptillverkarna Olika etnisk tillhörighet i stora ftg registreras ej.	15% kvinnor Olika etnisk tillhörighet i stora ftg registreras ej.
	Finns jämställdhetspolicy? (Ja/Nej) (OBS, endast ståltillverkande företag)	Ja	Ja
	Andel kvinnor i ledning och styrelse. (OBS, gäller endast ståltillverkande företag)	Ledning: 14 % Styrelse: 22%	Ledning: 0% Styrelse: 12%

<sup>2</sup> För tillverkningen av den låglegerade stolpen är den största delen av personalbehovet relaterat till själva tillverkningen av stolpen (2,6 anställda per stolpe). Skillnaden i arbetsstillfällena mellan ståltillverkning av rostfritt och låglegerat stål är dock marginell (för rostfritt 0,03 respektive 0,07 för låglegerat).

<sup>3</sup> Beräkningen grundar sig i att vi har antagit att det är 60 meter mellan varje stolpe, vilket innebär ett behov av 10 000 stolpar vid konstruktion av en vägsträcka på 60 mil.

<sup>4</sup> Siffror hämtade från Metallarbetarnas fackförbund i respektive kommun.

## Mänskliga rättigheter

Den stora skillnaden mellan de två materialen är att produktionen av rostfritt stål kräver mera råvaror som bryts i u-länder. Med hjälp av Observers Human Rights Index och Human Development Index har vi fått fram en vägd ranking på ca 1,9 för rostfritt stål och 0,7 för låglegerat stål.<sup>5</sup> Vad innebär då detta? Att låglegerat stål får ett lågt värde, beror på att råvarorna framför allt köps in från länder som i huvudsak inte finns med bland de 100 första länderna på Observers Human Rights Index.

Tolkningen av detta är subjektiv och dessa siffror ger snarare upphov till diskussion än att vara vägledande i materialval till produkter. Vi har endast viss kunskap om varifrån råvarorna kommer men vi vet inte vilka förhållanden som råder vid fabrikena och kan därför inte heller dra för stora slutsatser om detta.

Tabell 14. Resultat av indikatorer för mänskliga rättigheter. Svaren representerar endast information från ståltillverkande företag.

GRI indikator	Föreslagen indikator	Rostfri stolpe	Låglegerad stolpe
Ranking utifrån Observers Human Rights Index	Vägd ranking av råvaruinköp.	1,86	0,69
Tvångsarbete, barnarbete, brott mot mänskliga rättigheter.	Inköp från något av Observers Human Rights Index länder.	Ja, eventuellt genom leverantörer.	Nej
Strategi och Ledningspolicy	Finns policy för att ta itu med förhållanden i dessa länder?	Nej	Köper inte in från dessa länder.

## Samhällsmedverkan

Båda produktgrupper har fått olika erkännanden för *sociala eller etiska framsteg* och båda har också ett samhällsansvar genom att sponsra och ge bidrag till skolor, föreningar etc. Detta är strikt företagsinriktat och går inte att härleda till produkten.

När det gäller *konkurrens och prissättning* är det också en fråga som handlar generellt om branschen och en jämförelse mellan de två materialen är svår. Råvarorna köps delvis in via en råvarubörs och det råder fri konkurrens. På samma sätt råder fri konkurrens och öppen upphandling vid inköp av lyktstolpar. Hittills har det bara funnits två tillverkare av lyktstolpar i rostfritt stål, men fler företag är på väg vilket öppnar upp för friare konkurrens.

<sup>5</sup> För att räkna fram dessa siffror har vi utgått från antal kg råvara som behövs för 1 ton stål. Dessa kg har fått en viktning baserat på hur stor del varje råvara utgör av den totala mängden (A). Varje land har en ranking på Observers Human Rights Index (B). Dessa två har multiplicerats vilket har gett ett värde för varje råvara som markeras med ett nummer. Dessa värden har sedan adderats och så har vi fått fram de slutliga siffrorna 1,9 och 0,7.

Slutlig ranking:  $(A1 * B1) + (A2 * B2) + (A3 * B3) + \dots = 3$

Rankingen påverkas till stor del av från vilka länder det använda kolet kommer från som används. Här antas kolet komma från Tyskland och Polen.

Tabell 15. Resultat från samhällsmedverkan. Om ej annat anges gäller svaren ståltillverkande och lyktstolpstillverkande företag.

GRI indikator	Föreslagen Indikator	Rostfri stolpe	Låglegerad stolpe
Samhällsmedverkan	Mottagna priser eller erkännanden för sociala, etiska och miljömässiga framsteg.	Erkännanden för satsning på kvinnliga chefer. Erkännande för Green Cargo transporter-Bra Miljöval	Erkännanden – Green Cargo – Bra Miljöval.
	Del av företagets budget som går till samhällsinvesteringar.	Uppskattningsvis ca 0,05 % av omsättning i form av sponsring, utveckling av lokalt näringsliv och skolkontakter.	Ingen siffra, men sponsring av idrottsföreningar, högskolor och åtgärder mot ungdomsbrottslighet.
Mutor och korruption (OBS: Endast ståltillverkande företag)	Har mutor eller korruption förekommit i något produktionsled fram till den färdiga produkten?	Nej	Nej
	Finns riktlinjer och policies för detta?	Åtaganden för att följa lagar och hållbar utveckling.	Ingen information
Konkurrens och prissättning	Eventuell risk för kartellbildning och brott mot monopolregler i de tre olika leden i produktens framställning. (OBS: Endast ståltillverkande företag)	Tidigare domar för dumpning av priser.	Ingen information
	Inköp av råvarumaterial.	Råvarusidan fungerar bra. Inköp via råvarubörsen där priserna sätts.	Råvarusidan fungerar bra. Inköp via råvarubörsen där priserna sätts.
	Inköp av lyktstolpar.	Inköp av lyktstolpar sker på öppen upphandling och i fri konkurrens. Idag dock endast två tillverkare av rostfria stolpar, men fler är på väg att etableras.	Inköp av lyktstolpar sker på öppen upphandling och i fri konkurrens.

## Produktansvar

Överlag finns inga direkta skillnader mellan den rostfria och den låglegerade stolpen. Eftergivligheten och därmed farligheten vid en krock är lika. Det enda som kan nämnas är att eftersom de låglegerade stolparna bör bytas ut oftare än de rostfria uppstår fler trafikstörningar.

Vad gäller annonsering och märkning av produkten finns inga skillnader.



Tabell 16. Resultatet representerar svar från två inköpare av lyktstolpar i Sverige.

GRI indikator	Föreslagen indikator	Rostfri stolpe	Låglegerad stolpe
Kundhälsa och säkerhet	Antal tillfällen då produkten (lyktstolpen) orsakat skada. Ev. korrosion som skapar trafikstörning och trafikfara. Hur påverkas trafiken av lyktstolpsutbyten, hur stora trafikstörningar ger det upphov till?	Inga uppgifter	Erfarenhet från vägtrummor som rostade snabbt och orsakat trafikstörningar.
	Hur pass farlig är produkten för bilister? Grad av eftergivlighet vid krock.	Lindriga skador. Eftergivliga stolpar.	Lindriga skador. Eftergivliga stolpar
	Känslighet och grad av påverkan vid påkörning vid t.ex. snöröjning?	Inga skillnader.	Inga skillnader.
Produkter och Service	Är produkten väl märkt och innehåller den tillräcklig information till kunden för dess funktion och eventuella problem som kan uppstå.	Följer gängse standard för lyktstolpar och normer för eftergivlighet.	Följer gängse standard för lyktstolpar och normer för eftergivlighet.
Annonsering	Strider reklam och annonsering av produkten mot annonseringsregler?	Nej	Nej

## Slutsats

### Arbetsmiljö-slutsatser-metodik

Arbetsmiljöbelastningen har i begränsad omfattning utvärderats enligt en metod som utvecklats vid IVL. Med IVL:s metod finns både för- och nackdelar.

Fördelarna är att personer som är vana med LCA lätt kan förstå metodik och resultat. Dessutom kan delar av framtagna data till LCA för yttre miljön även användas till LCA för arbetsmiljön. Erfarenheter från tidigare genomförda arbetsmiljö-LCA med IVL:s metod visar att det är möjligt att beskriva arbetsmiljöbelastningen i tydliga termer som är kopplade till produktionsdata. Det går även med dagens yrkesskadestatistik att visa vilka arbetsskador som är mest frekventa vid framställning av olika varor och tjänster.

Till nackdelarna hör att arbetsmiljö-LCA precis som LCA tar relativt lång tid d v s att metoden är relativt kostsam. Mjukare arbetsmiljöproblem som besvär och otrivsel som inte leder till sjukfrånvaro syns inte i värdena. För kemiska ämnen som efter lång latenstid ger allvarliga skador blir ofta underrapporterade eftersom flera kan ha hunnit byta arbete eller gått i pension när skadan uppstår. Metoden beskriver en arbetsmiljöbelastning där tidigare miljöer kan ha betydande inslag i dagens statistik. Det är därför viktigt att inte enbart räkna fram värden på arbetsbelastningen. God kännedom krävs även om de bakomliggande faktorerna till de erhållna värdena för att undvika feltolkningar och felprioriteringar.

Inom de uppsatta tidsramarna var det endast möjligt att i mycket begränsad omfattning genomföra arbetsmiljö-LCA:n enligt IVL:s metod. Trots begränsningarna och stora brister i data kunde slutsatser dras om skillnader i arbetsmiljöbelastning för de två materialen och de två placeringsfallen.

### **Arbetsmiljö-slutsatser - fallstudierna**

Med gjorda antaganden om råvarornas ursprung och brister i data kan det konstateras att rostfria lyktstolpar har mindre arbetsmiljöpåverkan än stolpar av låglegerat stål om stolparna skall placeras i Stockholm. Placeras lyktstolparna i Östersund är det osäkert vilket alternativ som är bäst på grund av dataluckorna. Om underhållsbehovet medtas i fallstudierna är sannolikt rostfritt även fördelaktigast i Östersund.

Låglegerad stolpe i Stockholm har den största negativa arbetsmiljöbelastningen av de fyra stolpalternativen. Framst vid råvaruproduktionen är arbetsmiljöbelastningen större för de låglegerade stolparna som placeras i Stockholm. Anledningen är den korta livslängden, som medför att fler stolpar behöver tillverkas.

Den största arbetsmiljöpåverkande faktorn vid tillverkning av lyktstolpar är brytning av stenkol. Eftersom kolförbrukningen är mindre för det rostfria alternativet blir även arbetsmiljöbelastningen mindre. Vid dessa beräkningar har kolet som används för båda lyktstolparna antagits komma från Polen och Tyskland. Ursprungsländerna för kolet är dock inte kända i detta fall. Brytning och framställning av legeringsmetaller till de rostfria stolparna har sannolikt stor arbetsmiljöbelastning, men trots detta väger den högre kolhalten hos de låglegerade stolparna tyngst i Stockholmsfallet genom kolets negativa arbetsmiljöpåverkan. Skillnaden i arbetsmiljöpåverkan förstärks av att de låglegerade stolparna måste galvaniseras, målas och placeras i betongfundament.

Skillnaden mellan den låglegerade och den rostfria stolpen är betydligt mindre för Östersundsfallet. De faktorer som tagits fram i studien visar dock att rostfritt sannolikt är ett bättre alternativ även i Östersund. Samtidigt finns brister i data från framställning av legeringsämnen som belastar de rostfria mer än den låglegerade stolpen. Även energiförbrukningen kan påverka utfallet. - Om den låglegerade stolpen måste slipas och målas om efter mindre ytskador under dess livslängd blir det rostfria alternativet bäst även i Östersundsfallet.

### **Övrig social påverkan - slutsatser**

Utmaningen i denna studie har varit att finna indikatorer som kan utvärdera den sociala påverkan som en produkt, i detta fall lyktstolpen, har utmed hela sin livscykel. För att finna en bra metodik har vi studerat olika initiativ som tagits fram för att vägleda företag att inrikta sitt arbete mot att bidra till en socialt hållbar utveckling eller ett socialt ansvarstagande i sina affärer. OECD gjorde nyligen en studie där 128 sådana

initiativ var listade. Vi valde att testa vår ansats med hjälp av Global Reportings Initiatives indikatorer där de har gjort försök med att kvantifiera dessa indikatorer. Vi har följt deras uppdelning av sociala indikatorer där **Arbete, Mänskliga rättigheter, Samhällspåverkan** och **Produktansvar** tas hänsyn till. Generellt kan sägas att det endast är Produktansvar som kan ge en bild över produktens påverkan, övriga indikatorer är företagsinriktade.

Svårigheten att ta fram underlag som möjliggör en jämförelse mellan de två materialen ligger också i att båda produkterna tas fram i samma bransch varför det i resultatet snarare har blivit en diskussion om branschens utveckling generellt.

För **Arbetspraxis** har vi delvis lyckats kvantifiera arbetstillfällena och arbetsskador per funktionell enhet och har även information om arbetsförhållandena för den del av produktionen som sker i Sverige.

För **Mänskliga rättigheter** har vi ett tagit fram ett förslag på ett sätt att ranka produkten i förhållande till råvarornas ursprungsländer och hur dessa länder står sig i olika Index för mänskliga rättigheter.

För indikatorer som gäller **Samhällsfrågor** har vi fått information från stål- och lyktstolpstillverkare. Dessa indikatorer är svåra att kvantifiera och är också företagsrelaterade varför resultatet i stället har blivit en diskussion om branschen i helhet.

**Produktansvar** är den indikator som är direkt relaterad till produkten och vi har information från inköparna av lyktstolpar om lyktstolpens funktion ute på vägarna. Resultatet visar att skillnaderna mellan de båda materialen ute i trafiken, i detta fall, är mycket små.

I detta arbete har vi använt GRIs indikatorer som bas för att utvärdera produktens sociala påverkan. Vår slutsats är att dessa indikatorer, undantaget produktansvar, inte går att använda för analys av en produkts sociala påverkan. Resultaten vi fått fram utgör därför inte ett bra beslutsunderlag för att leda företag mot en hållbar produktutveckling, utan har i stället utgjort en bas för diskussion om hållbarhetsindikatorer och inledning till hur utvecklingen kan se ut i framtiden. Behovet kvarstår att arbeta fram sociala indikatorer som kan användas för att analysera en produkts sociala påverkan utmed hela dess livscykel. I ett framtida arbete är det rekommendabelt att dela upp de sociala aspekterna i företags- och produktrelaterade indikatorer. Exempel på dessa är:

- Sociala aspekter som går att härleda direkt till produkten, t.ex. produktansvar och dess direkta påverkan på samhället däribland till viss del arbetstillfällena. I utvecklingen av indikatorer är det viktigt att utgå ifrån att de är relevanta. Vad gäller t.ex. arbetstillfällena har det föranlett diskussioner om relevansen och värderingen i dessa, som t.ex. antal **arbetstillfällena** per producerad enhet. Är det positivt eller

negativt med ett stort antal arbetstillfällen? Däremot när det gäller själva **produktens** funktion ute i samhället är det lättare att se en direkt påverkan.

- Sociala aspekter som både är produkt- och företagsrelaterade. Exempel på detta är mänskliga rättigheter och samhällsfrågor, som t.ex. mottagna priser eller erkännanden, konkurrens och prissättning. Vad gäller de **mänskliga rättigheterna** har de både en företags- och en produktrelaterad del. Har företaget lagt ut hela sin produktion på en specifik leverantör i ett u-land finns det större möjligheter att följa upp arbetsförhållanden på denna fabrik, om det finns barnarbete eller tvångsarbete etc. Om företaget använder importerade råvaror till produkten är det däremot svårare att följa upp, eftersom inköpen går via en central råvarubörs. **Samhällsfrågor** är nästan uteslutande företagsrelaterade och ska man ta med dessa i en analys av en produkts sociala påverkan bör det snarare vara en diskussion om branschen.

## Bilaga 4. Corrosionsmodell for zink and weathering steel

### Referenser

Dose- response functions, Vladimir Kucera, Swedish Corrosion Institute  
[http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage/learning/asc/delegates/TechNotes\\_VK.pdf](http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage/learning/asc/delegates/TechNotes_VK.pdf) [3].

ICP Materials, International Cooperative Programme on Effects on Materials, including Historic and Cultural Monuments  
[http://www.umweltdaten.de/uid/manual/materials\\_brochure.pdf](http://www.umweltdaten.de/uid/manual/materials_brochure.pdf) [4].

### **Dose / response functions.**

A dose-response function links the dose of pollution, measured in ambient concentration and/or deposition, to the rate of material corrosion. For unsheltered positions the materials damage is usually discussed in terms of dry and wet deposition. Wet deposition includes transport by means of precipitation and dry deposition transport by any other process. One important task for the programme has been to estimate the relative contribution of dry and wet deposition to the degradation of materials. Therefore, and also because it makes sense from a mechanistic point of view, the dose/response functions for unsheltered materials are of the type

$$K = \text{dry}(T, Rh, [SO_2], [NO_2], [O_3], t) + \text{wet}(\text{Rain}[H^+], t)$$

where K is the corrosion attack, T is the temperature in degree C, Rh is the relative humidity in %, [ ] is the concentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $SO_2$ ,  $NO_2$  and  $O_3$ ), t is the time in years, Rain is the amount of precipitation in mm and  $[H^+]$  is the acidity of precipitation in mg/l. The corrosion attack can, depending on material, be quantified as either mass loss (ML,  $\text{g}/\text{m}^2$ ), surface recession (R,  $\mu\text{m}$ ), ASTM D 1150-55 1987 (ASTM, 1-10), depth of leached layer (LL, nm) or weight increase (WI,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) =0.84)

The equation for zinc corrosion is shown below :

Unsheltered Exposure

Zinc (N=98, R<sup>2</sup>=0.84)

$$ML = 1.4[SO_2]^{0.22}\exp\{0.018Rh + f(T)\}t^{0.85} + 0.029\text{Rain}[H^+]t$$

$$f(T) = 0.062(T-10) \text{ when } T < 10^\circ\text{C}, \text{ otherwise } -0.021(T-10)$$

In the table below is the calculated massloss and the different climate factors at 4 different places shown

	SO <sub>2</sub>	Rh	T °C	Rain	H <sup>+</sup>	ML in µm / 1st Year	Time Years for 100 µm	Time, Years, with correction for nonuniform massloss
Ulriksdal, Stockholm	0,9	75,2	6,1	552	34	1,08	93	40 ( from observation )
Kungälv, Gothenburg	0,46	78	6,9	776	35	0,67	149	40 (assumption)
Östersund	0,1	73,4	2,4	482,4	16	0,31	323	80 (assumption)
London	8	75,2	9,9	752	34	1,3	77	30 (assumption)

Below is the corresponding data for weathering steel shown

Unsheltered Exposure

Weathering steel (N=148, R<sup>2</sup>=0.68)

$ML = 34[SO_2]^{0.33} \exp\{0.020Rh + f(T)\}t^{0.33}$

$f(T) = 0.059(T-10)$  when  $T < 10^\circ C$ , otherwise  $-0.036(T-10)$

	SO <sub>2</sub>	Rh	T °C	Rain	H <sup>+</sup>	ML in µm / 1st Year	Time Years for 1 mm
Ulriksdal, Stockholm	0,9	75,2	6,1	552	34	14,9	67
Kungälv, Gothenburg	0,46	78	6,9	776	35	13,2	76
Östersund	0,1	73,4	2,4	482,4	16	5,6	179
London	8	75,2	9,9	752	34	38,6	26

## Bilaga 5. Transporter inom fallstudien ”Lyktstolpar”

Transporter som tagits med för respektive system av stolpar. Då många transporter blir samma oavsett placeringsort visas endast de transporter i Östersundscenariot som avviker från Stockholmsscenariot.

System	Transport	Sträcka (km)	Transportslag
Rostfria stolpar – Stockholm	Stål från AvestaPolarit (Torshälla) till plåtbockning i Gävle	135	Tung lastbil m släp, Euro 2
	Klippt och bockat stål från Gävle till lyktstolpetillverkning i Skellefteå	660	Tung lastbil m släp, Euro 2
	Färdiga stolpar från Skellefteå till placeringsort Stockholm	830	Tung lastbil m släp, Euro 2
	Stolpar till skrotlager, godtyckligt avstånd	50	Medeltung lastbil, Euro 2
Rostfria stolpar - Östersund	Färdiga stolpar från Skellefteå till placeringsort Östersund	380	Tung lastbil m släp, Euro 2
Galvaniserade stolpar - Stockholm	Stål från SSAB (Borlänge) till lyktstolpetillverkning i Smålandsstenar	470	Tung lastbil m släp, Euro 2
	Saltsyra från Skoghall till Smålandsstenar	300	Medeltung lastbil, Euro 2
	Zink från Odda i Norge till Göteborg	550	Mellanstort lastfartyg
	Zink från Göteborg till Smålandsstenar	150	Medeltung lastbil, Euro 2
	Epoxylack till Smålandsstenar, godtyckligt avstånd	20	Medeltung lastbil, Euro 2
	Färdiga stolpar från Smålandsstenar till placeringsort Stockholm	430	Tung lastbil m släp, Euro 2
	Stolpfundament till placeringsort, godtyckligt avstånd	40	Medeltung lastbil, Euro 2
	Stolpar till skrotlager, godtyckligt avstånd	50	Medeltung lastbil, Euro 2
Galvaniserade stolpar - Östersund	Färdiga stolpar från Smålandsstenar till placeringsort Östersund	990	Tung lastbil m släp, Euro 2

## Bilaga 6. Datainventering för panntuber

Nedan följer en kort beskrivning av samt källhänvisning för de uppströmsdata som används inom fallstudien med panntuber i avfallspanna.

\*\*\*\*\*

### Aluminum, primary prod

Produktion av jungfrulig aluminium inkluderande brytning av bauxit via elektrolys till extrudering av halvfabrikat för vidare bearbetning. Användningen av elenergi är given som en ytterligare information.

Data för elproduktionen är också inkluderad som ursprungsenergianvändning [49].

\*\*\*\*\*

### Argon

Data from R. Frischknecht et al. (1994) [50]

Process: Distillation of air

Process exchange rate: 94%.

Allocation of resources is based on weight% of the three process products, i.e. Nitrogen, Oxygen and Argon.

\*\*\*\*\*

### CaO (Swe)

Agglomerate of the following modules:

-----

"Crude oil transports, extraction and transport"

Data from a study by Vattenfall.

Basic data from K.Keiserås Bakkane (1994), [51].

The steel is used to line the drill hole. Most of the heavy metal emissions are caused by the steel production. The electricity use is also for steel production. The drill platform uses no external electricity.

The consumption of biofuel is recalculated to MJ using 12.7 MJ/kg for wood with 30 % moisture [52].

The consumption of coal is recalculated to MJ using 27.2 MJ/kg [52]. R Crude coal is used as feedstock. ES Crude coal is used for energy supply.



The consumption of crude oil is recalculated to MJ using 42.7 MJ/kg [52]. R Crude oil is used as feedstock. ES Crude oil is used for energy supply.

The consumption of natural gas is recalculated to MJ using 38.9 MJ/m<sup>3</sup> and 0.75 kg/m<sup>3</sup> [52]. R Natural gas is used as feedstock. ES Natural gas is used for energy supply.

Wastes have been agglomerated in the following categories:

Industrial wastes = all wastes containing process materials which are not considered hazardous.

Hazardous wastes = wastes containing materials known or considered to be hazardous.

Mineral wastes = inert mineral wastes.

Some byproducts have been omitted.

-----  
"Light fuels from refinery"

Beskrivs separat.

-----  
"Construction vehicles, final use"

Beskrivs separat.

-----  
"Diesel engine, rural, light truck"

Data from N. Frees and B. Pedersen Weidema (1998), [53]

Data according to the EU2 emission standard (1997) are used. [54]

The diesel oil is assumed to be MK 1 with 10 ppm sulphur [55]. Emissions of SO<sub>2</sub> per MJ are calculated from the heating value 42.7 MJ/kg [52].

Emissions of CO<sub>2</sub> have been calculated from an emission of 3135 g/kg diesel (Frees and Pedersen) and a heating value of 42.7 MJ/kg.

-----  
"Swedish electricity"

Beskrivs separat nedan.

-----  
"Lime-stone quarry"

Data from a European company, as cited by Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [56]

-----  
"Heat from oil, Swedish average"

Data for combustion of fuel oil 2 - 5 in a district heating plant. Average data for Swedish conditions. [57]. The data of the publication are based on unpublished data from IVL [58].

---

"Lime-kiln"

Data from a European firm, as cited by Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [56] (1995), "Vergleichende ökologische Bewertung von Anstrichstoffen im Baubereich", Band 2, Schriftenreihe Umwelt Nr. 232. Carbon dioxide is counted as an emission.

\*\*\*\*\*

**Coal grinding**

Powder of coal is used at Sandvik. It is assumed that no coal is lost in the grinding process.

Energy demand of the grinding process is not included. Currently no appropriate estimation available.

No information on origin of coal or location of grinding process.

\*\*\*\*\*

**Coal mining**

Opencast mining. Data from R. Frischknecht et al. [50].

\*\*\*\*\*

**Construction vehicles, diesel, extraction**

Källa saknas.

\*\*\*\*\*

**Construction vehicles, final use**

Data from Volvo BM and H. Jönsson [59]

\*\*\*\*\*

**Cu scrap**

2/3 of the Cu used in the production at Sandvik comes from Cu scrap.

Domestic scrap comes to Sandviken by train, distance 100-600 km [47].

Assumption: Cu scrap is mainly domestic scrap. Distance for transport has been set to 300 km.

\*\*\*\*\*

**Cu, primary**

Agglomerated module: Swedish electricity, Heat from gas and heat from oil is combined with data on primary production of copper [50].

\*\*\*\*\*

### **Dolomite (Limestone, Swe)**

We have used data on limestone for the dolomite mining.  
Agglomerated module including the following modules:

-----

"Crude oil transports, extraction and transport"  
Beskrivs ovan då den ingår i modulen CaO.

-----

"Light fuels from refinery"  
Beskrivs separat nedan.

-----

"Construction vehicles, final use"  
Beskrivs separat ovan.

-----

"Diesel engine, rural, light truck"  
Beskrivs ovan då den ingår i modulen CaO.

-----

"Swedish electricity"  
Beskrivs separat nedan.

-----

"Lime-stone quarry"  
Beskrivs ovan då den ingår i modulen CaO.

-----

\*\*\*\*\*

### **European electricity 1995**

Composition of the European electricity calculated from the net generating capacity of 15 European countries, namely Austria, Belgium, Germany (excluding East Germany 1980), Denmark, Spain, Finland, France, Greece, Ireland, Italy, Luxembourg, The Netherlands, Portugal, Sweden and The United Kingdom.

Calculated from data in EURPROG 1998 [60]

Average grid losses estimated to 5 %.

Coal power 21.5 %  
Lignite power 5.7 %  
Gas power 12.5 %  
Oil power 10 %

Nucpower 22.4 %  
Hydropower 21.5 %

Heavy metal emissions, chlorohydrocarbons and the main contributors to the following categories have been selected:

Eutrophication, Ozone depletion, Ecotoxicity, Greenhouse gas, Acidification, Photo-oxidant formation, Human toxicity and Energy

In addition some inorganic emissions (alkali and alkaline earth metals, chlorides sulphates, nitrates), PAH and radioactive emissions have been included. Hydrocarbons are the sum of  $C_xH_y$  aromatic and  $C_xH_y$ .

\*\*\*\*\*

### **External steel scrap**

Transportation of external steel scrap has been set to a arbitrary value of 500 km by electric train.

\*\*\*\*\*

### **High Carbon Ferro-Chrome**

Data for high carbon ferro-chrome from Life Cycle Inventory, International Chromium Development Association, Ecobilan (2001).

Ferrochrome contains 52 % Cr, 35 - 40 % Fe, 6 - 8 % C and 2 - 5 % Si. Data are given per 1 kg of Cr in 1.92 kg of HCFeCr. They have been collected from one Western European and two South African sites in 1998 and reflect European conditions.

HCFeCr is produced from chromite ore by mining, crushing and concentrating the ore, and smelting the ore with coke in an electric arc or in a plasma arc furnace.

Credit is given to coproducts by expanding the system and then subtracting the emissions saved by the co-production.

Energy resources are reported by us as renewable or non renewable energy only. The material energy carriers are not reported by us.

The following emissions to air are excluded by us:

Ca, K, Na, CS<sub>2</sub>, Organic matter unspec., Be, Sb, Tl and phenol.

BOD<sub>5</sub> is excluded by us.

Cr(ag) is the sum of dissolved and suspended Cr.

Fe(ag) is the sum of dissolved and suspended Fe.

Ni(ag) and Zn(aq) are the sum of dissolved and suspended metals.

Alkali and alkaline earths metals, oils unspecified, Se and Ce to water are excluded by us.

SW Waste, mineral is inert waste.

SW Waste, ind is mining waste, tailings and slags.

SW Waste, hazardous comes from upstream processes.

In this module HC aromatic and HC halogenated have been included in HC

AQ N(aq) is Ntot - NO3 -NH4

\*\*\*\*\*

### **Light fuels from refinery**

Production of light fuels (LPG, petrol, diesel fuel) from crude oil. Data from [61] the Statoil refinery at Mongstad, Norway. (Vattenfall, 1999).

\*\*\*\*\*

### **LPG burner**

The oven system has approximately 40% efficiency, i.e. 40% of the heat from the burnt LPG is transferred to the material in the oven. [47]

\*\*\*\*\*

### **Mn alloy**

Data on manganese has not been collected.

\*\*\*\*\*

### **Mo alloy**

Data on molybdenum has not been collected.

\*\*\*\*\*

### **Nickel metal**

Data for class 1 nickel metal from the Nickel industry LCA group [62]

Nickel metal is produced from various sources: Ores from underground and surface mines, via ore preparation, primary extraction with hydrometallurgy or pyrometallurgy or via NiO or via Cu-Ni metallics, and final refining.

Energy resources are reported by us as renewable or non renewable energy only. The material energy carriers are not reported by us.

VOC to air is excluded by us.

BOD5 is excluded by us.

SW Waste, mineral is waste rock and backfill.

SW Waste, ind is tailings, other process residues and other solid materials.

\*\*\*\*\*

## Nitrogen

Data from R. Frischknecht et al. [50].

Process: Distillation of air

Process exchange rate: 94%.

Allocation of resources is based on weight% of the three process products, i.e. Nitrogen, Oxygen and Argon.

\*\*\*\*\*

## Oxygen

Data from R. Frischknecht et al. [50].

Process: Distillation of air

Process exchange rate: 94%.

Allocation of resources is based on weight% of the three process products, i.e. Nitrogen, Oxygen and Argon.

\*\*\*\*\*

## Si alloy

Data on ferro-silicum has not been collected.

\*\*\*\*\*

## Swedish electricity

Electricity mix:	Coal	2.4 %
	Hydropower	48.2 %
	Oil power	1.3 %
	Natural gas	0.47 %
	Biofuel	2.8 %
	Nuclear pow.	44.3 %
	Wind power	0.23 %

Electricity mix from the yearly average 1999.

Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion - Sammanfattande rapport", supplemented with unpublished data from Vattenfall. The data include the entire life cycle, extraction of fuel, construction, demolition and operation of the plant, and residual products. [63]

The following parameters have been corrected to the data presented by [64]

NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NMVOC (sum of HC, NMVOC and VOC), CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, Particles, NH<sub>3</sub> and Uranium ore.

The corrections were generally small.

5 % grid losses are assumed.

## Bilaga 7. Förslag till fortsatt utveckling av indikatorer för jämförelse av alternativen

Vad visar oss nu de gjorda analyserna, kan man få några klara riktlinjer för vilka alternativ som är att föredra?

För att enkelt kunna sammanställa de olika delresultaten presenteras här en möjlig metod att normalisera de olika påverkanskategorierna i så kallade personekvivalenser. En personekvivalens representerar nu det utrymme som varje människa på jorden kan föreslås tilldelas per år.

I tabellen nedan finns ett första förslag på detta.

Påverkanskategori	Utrymme per person	Enhet
Energi	38095	MJ
Resurser	65	järnekvivalenser
Klimatpåverkan*	7840	kg CO <sub>2</sub> ekvivalenser
Försurning*	29	kg SO <sub>2</sub> ekvivalenser
Marknära ozon*	19,2	kg eten ekvivalenser
Övergödning*	39	kg NO <sub>3</sub> -ekvivalenser
Arbetsstillfällen	0,5	
Sjukfrånvaro p.g.a. av arbetsskador	0,25	dagar
Dödsfall	0,00001	
Investering i OBS länder	7350	SEK
Ekonomisk utrymme	73489	SEK

*\*Dessa finns föreslagna i en tidigare rapport från IVL B 1385 [6], men avser egentligen svenska förhållanden. Energi är baserad på ICCP 2050 energiscenario, där den fossila energi förbrukningen per år är ca 2/3 av dagens förbrukning (240 EJ). Resursförbrukningen för 65 grundämnena antas motsvara dagens förbrukning av järn x65, där varje ämnes totala förbrukning motsvarar 300 års fortsatt utvinning med dagens kända tillgångar. Varje person antas under sin livstid i snitt behöva en halv anställning. Tillåtna dödsfall sätts till 1/100000 individer och år eller 2/100000 som arbetar. Detta motsvarar ungefär de medel siffror som råder för svensk industri. Ekonomisiffrorna baseras på en uppskattning av världens totala BNP fördelad per världsmedborgare. Handel i OBS länder antas högst få uppgå till 10 % av totalt BNP.*

För diskussion om resurser, se referenserna [44, 45, 46].

Utgående från dessa föreslagna utrymmen per capita kan vi nu analysera våra två fallstudier.



## Fallstudien med 100 lyktstolpar

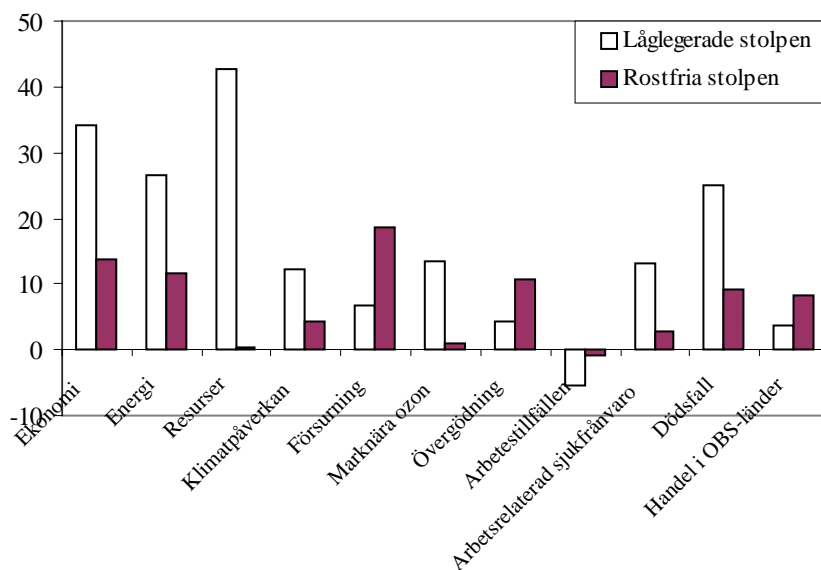
I figuren nedan presenteras nu de normerade resultaten för de undersökta lyktstolpsalternativen.

Genom att dividera de olika effektkategorierna vi fått tidigare med ovan föreslagna personekvivalenser så får vi en slags normalisering av de olika kategorierna.

Vid resursförbrukningen har endast de ämnen som försvinner ut ur kretsloppet genom korrosion och från emissioner vid framställningen beaktats. Vi antar att 100 % av alla lyktstolparna kommer återanvändas som skrotåvara.

Vid analysen av de två olika stolparna framkommer att om stolparna placerades i Stockholm och de fick stå kvar i 100 år så gav de rostfria stolparna klara miljöfördelar för flera undersökta miljökategori, fossil energi, växthusgaser, ändliga resurser, marknära ozon bildning och tungmetaller, däremot ökade försurningen och eutrofieringen.

Antal personekvivalenter för de olika stolparna. Stockholm 100 år



Figur 29. Miljökategorierna uttryckta som personekvivalenser för de två lyktstolpsalternativen.

Även den ekonomiska analysen ger en klar fördel för de rostfria stolparna men man kommer temporärt få minskade arbetstillfällen i samhället.

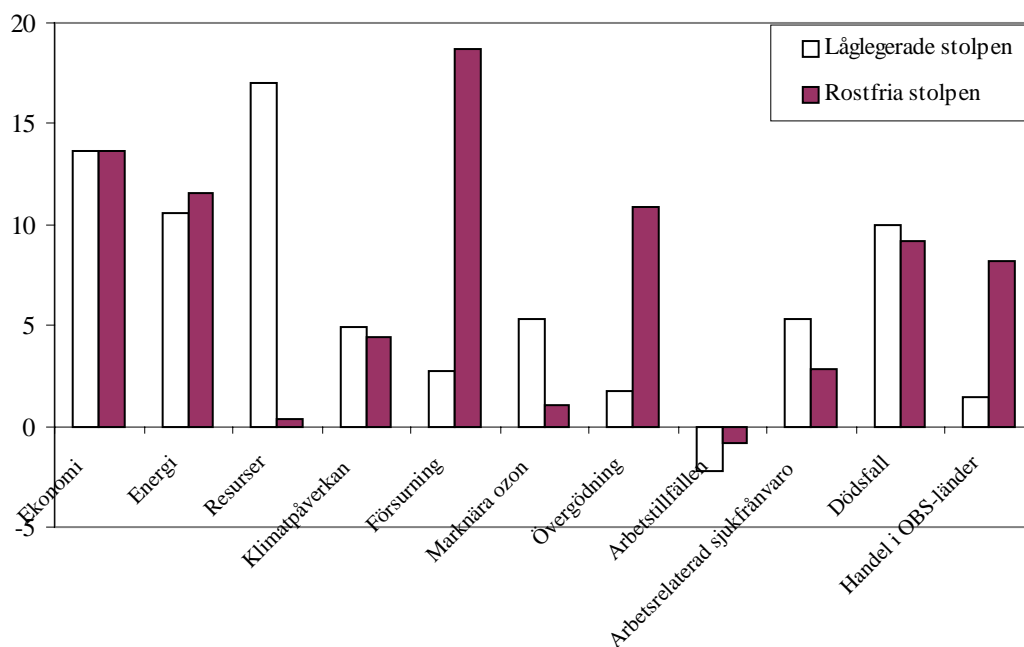
Siffrorna för de sociala indikatorerna, dödsfall och arbetsrelaterad sjukfrånvaro, är här relativt osäkra och bör undersökas bättre. Även siffrorna för Handel i OBS-länder är här mycket summariska och baseras på att cirka 6000 kronor per ton rostfritt stål antas gå

till investeringar i länder på OBS-listan. Motsvarande siffra per ton låglegerat stål antas vara 600 kronor per ton och baseras här enbart på köp av stenkolsråvara i OBS-länder.

Resultaten för de sociala faktorerna visar här att antalet arbetstillfällen blir större för den låglegerade stolpen, dessa effekter räknas som positiva effekter som därför hamnar på andra sidan strecket jämfört med andra undersökta effekter. (Andra positiva effekter av stolparna är givetvis deras nyttoaspekt, detta kommer dock inte med i denna bild.)

Av övriga sociala faktorer är det här endast handel i OBS länder, som överväger för de rostfria stolparna.

Hur ser då miljöprofilen ut för de två lyktstolparna om vi har en teknisk livslängd på 40 år?



Figur 30 Antal personekvivalenter för de olika stolparna. Stockholm 40år

Här får man två parameter som talar för de rostfria stolparna resursuttaget och bildningen av marknära ozon, däremot får man liksom tidigare en ökad försurning respektive övergödning. Energi och klimatpåverkan blir här ungefär lika stora för de två alternativen.

Av de här undersökta sociala faktorerna är det här främst handel i OBS-länder som överväger till de rostfria stolparnas nackdel.

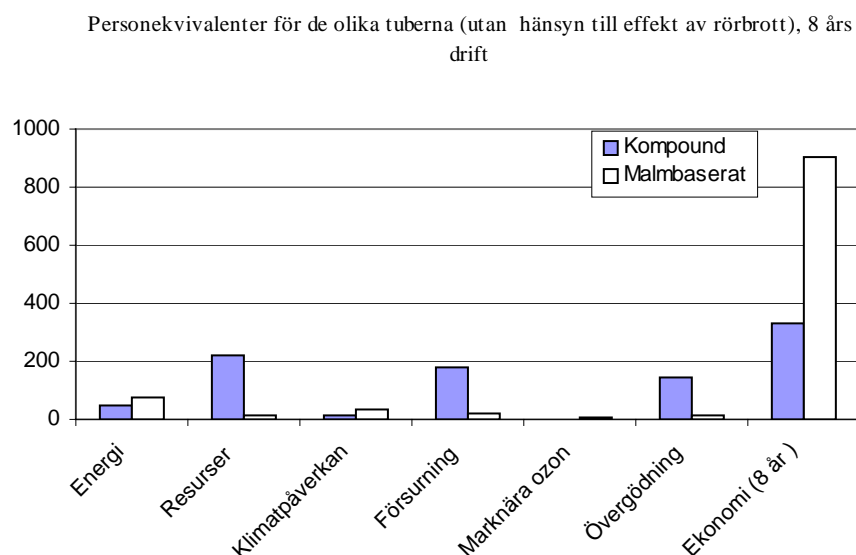
## Slutsatser

I storstäder med korrosiv miljö, t ex i södra och mellersta Europa, borde man kunna få stora fördelar med att använda rostfritt stål. Speciellt i de fall man vet att den tekniska livslängden för vägen och lyktstolpen kommer vara mycket längre än 40 år får man en stor fördel med att använda de rostfria stolparna.

De traditionella stolparna skulle troligen få en bättre miljöprofil om de tillverkades i höghållfast stål. För att förlänga livslängden och minska läckaget av zink kan man här t.ex. måla hela stolparna.

## Fallstudie med panntuber

I figuren nedan presenteras nu de normerade resultaten för komponenttuberna jämförda med låglegerade tuber framställda i ett malmbaserat alternativ.

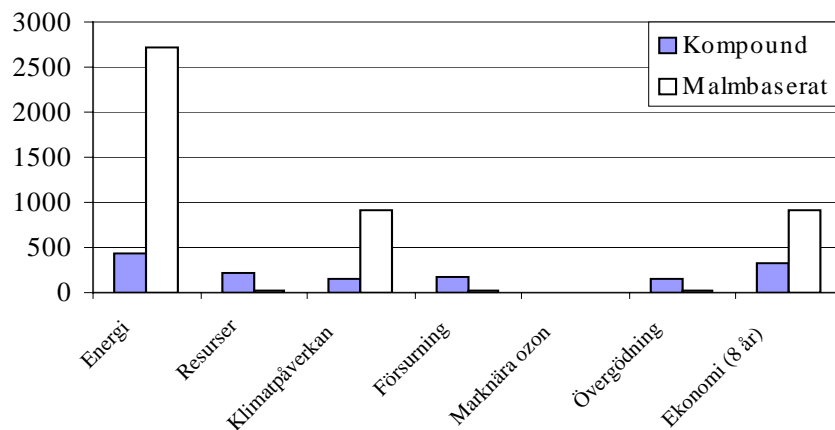


Figur 31. Komponenttuber relativt vanliga panntuber då ingen hänsyn till effekter av rörbrott tas.

Här syns en stor resursåtgång som kan verka omotiverat hög för att lösa uppgiften, varför man här inte kan se någon tydlig miljöfördel med att använda komponenttuberna. Däremot får man ju klara ekonomiska fördelar med komponentalternativet.

Om vi nu även innefattar effekter som fås vid ökande driftsavbrott i pannan vid användning av vanliga tuber så förändras bilden väsentligt i och med att man får betydligt lägre förbrukning av fossilt bränsle då komponenttuber används än i fallet med låglegerade tuber.

Personekvivalenter för de olika tuberna då hänsyn till effekt av rörbrott, 8 års drift



Figur 32 Komponenttuber relativt vanliga panntuber då hänsyn till effekter av rörbrott tas.

Denna bild visar att komponenttuber möjliggör ett minskat energiuttag och ett minskat utsläpp av växthusgaser.

För detta fall har vi inte undersökt de sociala indikatorerna.