ارزیابی چرخه زیستی تخته خرده چوب

Life Cycle Assessmnet (LCA)

of

Particleboard

نگارش: امین آرین

مقدمه:

توجه به مسائل زیست محیطی بطور روزافزونی در جوامع پیشرفته و حتی جوامع در حال توسعه بیشتر و بیشتر می شود. در طی دهه های ۶۰ و ۷۰ این توجهات معطوف بر کاهش آلاینده های خاک و آب و هوا بود که در نتیجه صنایع تخته خرده چوب بر تجهیزات کاهش آلاینده های هوا در خشک کنها و بویلرها و ایجاد سیستم های کاهش فرم آلدئید متمرکز بودند. اما توجهات جدید بر مسائل زیست محیطی بسیار گسترده تر و پیچیده تر هستند. از جمله مدیریت پایدار منابع که شامل استفاده حداقل از منابع، استفاده از مواد بازیافتی و ضایعات و محافظت از محیط زیست می شود. همچنین گرم شدن کره زمین، لایه ازن و تنوع زیستی از مسائل مورد توجه این دوره است. در واقع، مواردی که به پایداری یک صنعت کمک می کنند عبارتند از: کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی های حاصل از منابع تجدید پذیر، استفاده بهینه از مواد، استفاده مجدد و بازیافت مواد، کنترل آلاینده ها و غیره.

ارزیابی چرخه زیستی:

ارزیابی بهینه از یک محصول مستلزم توجه به مسائل اکولوژیک و اقتصادی محصول در طی چرخه عمر آن می باشد. چرخه عمر یک محصول از تهیه مواد اولیه آغاز شده و با ملاحظه تمام مراحل تولید ، حمل و نقل ، استفاده از محصول و در صورت لزوم مراحل بازیافت آن ادامه یافته و به انتهای عمر محصول و دفع آن ختم می شود که محصول در محیط دفع شده یا سوزانده می شود. (شکل ۱)

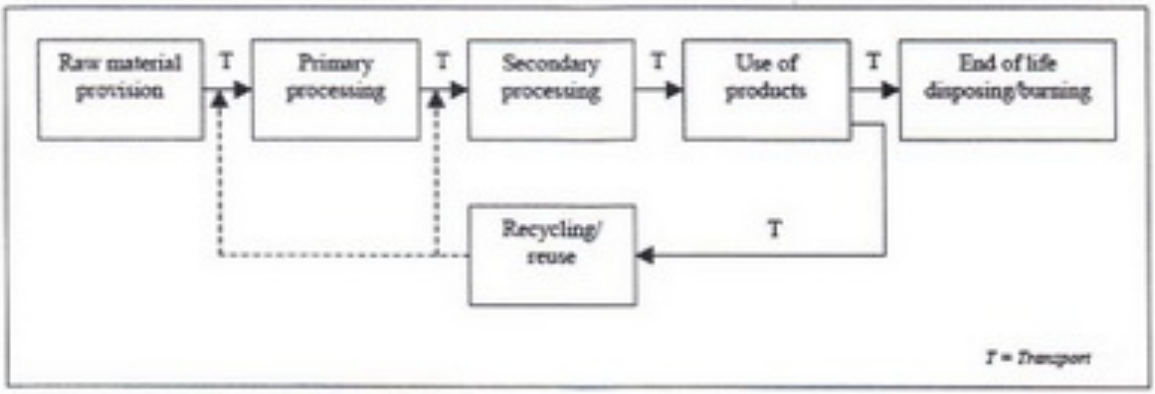


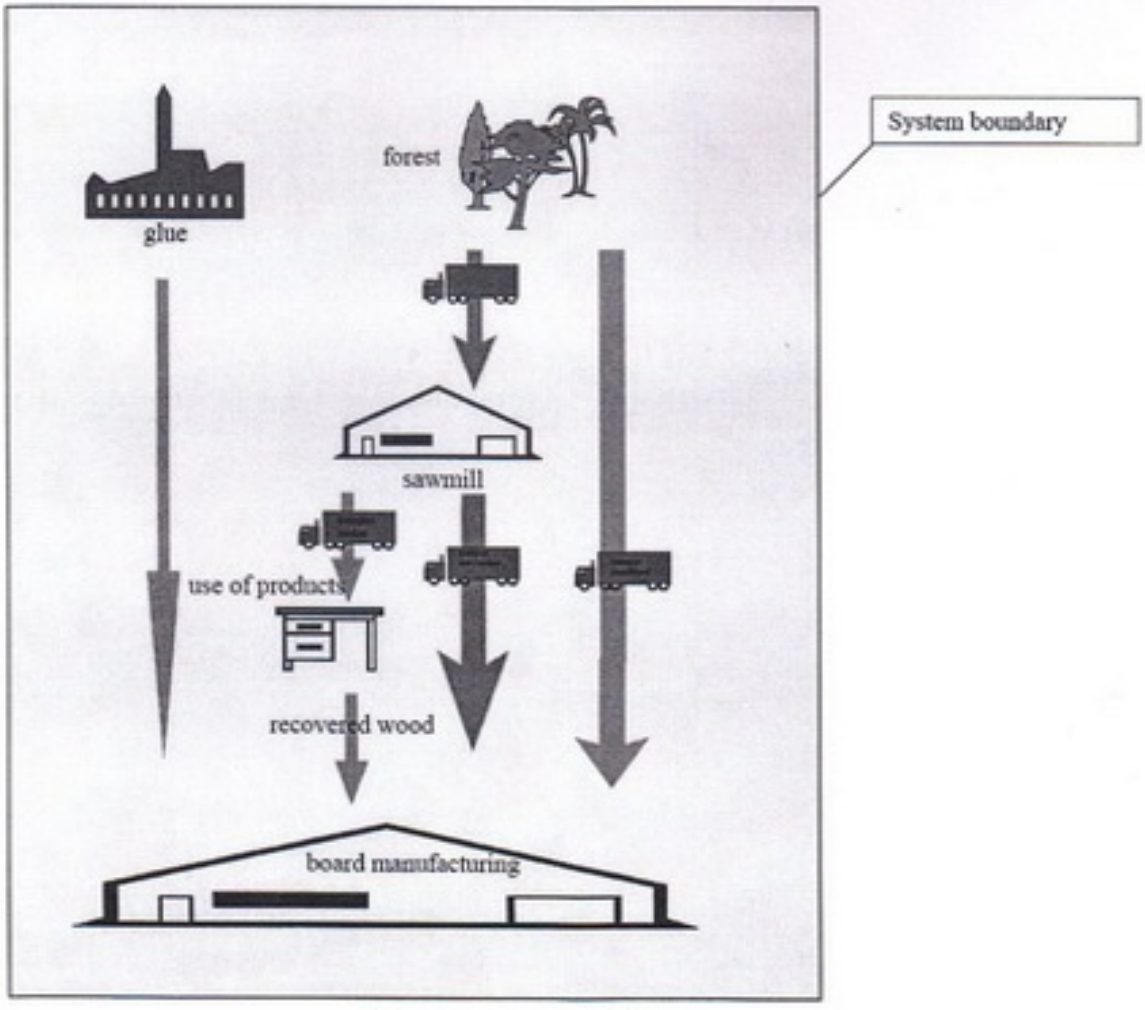
Figure 1: Life Cycle of a product

ارزیابی چرخه زیستی (LCA) می تواند بعنوان ابزاری جهت بهینه سازی یک محصول از نظر اقتصادی و زیست محیطی بکار رود. یک محصول بهتر می تواند گرانتر باشد اما با توجه به زمان بیشتر استفاده از آن ، هزینه سرویس سالانه آن از محصول ارزانتر کمتر خواهد بود. از طرف دیگر محصولی که در زمان خرید ارزان به نظر می رسد می

تواند هزینه های بالایی را برای دفع یا سوزاندن تحمیل کند. مانند تراورسهای اشباع شده با کرئوزوت در انتهای زمان استفاده از آنها.

در مورد جنبه های زیست محیطی، LCA تمام ورودی ها و خروجی های سیستم تولیدی را در نظر می گیرد. (شکل ۲). ورودی ها شامل مواد مختلف و انرژی و خروجی ها شامل محصولات و فراورده های جانبی و آلودگی های تولید شده می باشند. بررسیهای صورت گرفته در LCA دارای دو راهبرد عمده هستند:

- بهینه سازی محصول از نظر شاخص های مختلف مانند حداقل ورودی انرژی، حداقل آلودگی و دفع بدون مشکل محصول پس از استفاده.
- مقایسه دو یا چند محصول در شاخصهای مختلف مانند نقش آنها در گرم شدن کره زمین، اسیدی کردن آب و خاک و تاثیر آن بر تنوع زیستی.



شکل ۲ – سیستم تحت مطالعه

در هنگام مقایسه دو محصول یا دو فرایند مختلف، باید مراحل کار بطور شفاف تعریف شده باشند. بنابراین سازمان جهانی استاندارد چهار استاندارد جهانی برای مطالعات LCA تدوین و منتشر کرده است:

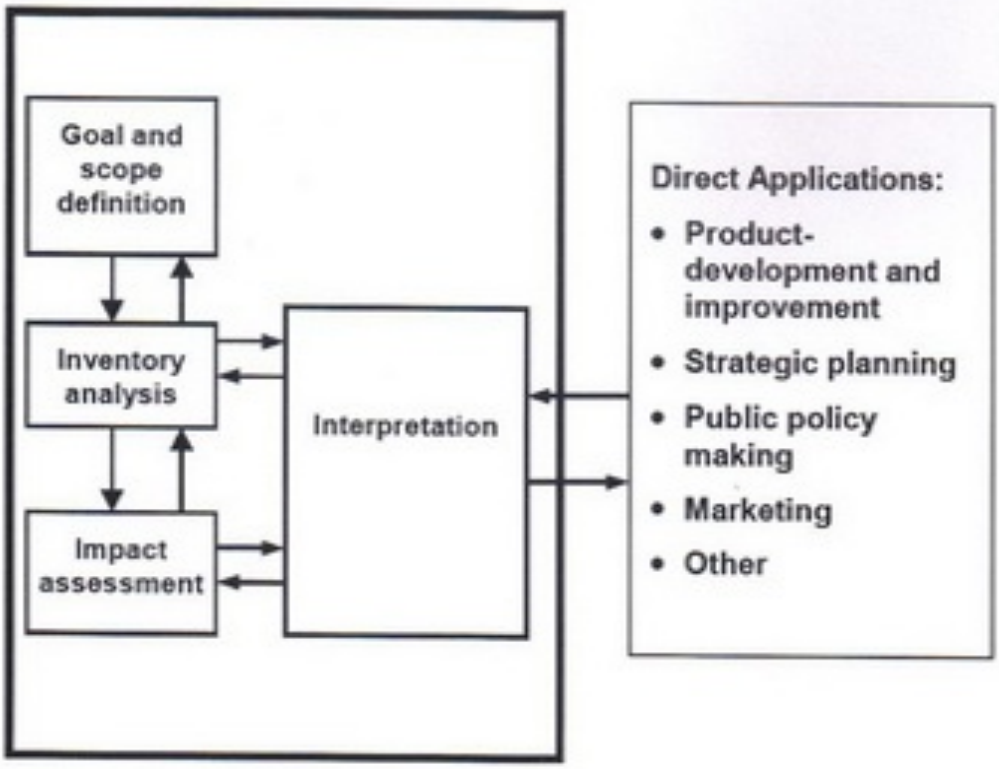
ISO/EN 14.040 LCA Principles

ISO/EN 14.041 LCA Inventory

ISO/EN 14.042 LCA Impact Assessment

ISO/EN 14.043 LCA Interpretation

استانداردهای فوق دارای مراحل قدم به قدم هستند همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است:



این استانداردها بطور دقیق مراحل کار را شرح داده اند اما بسیاری موارد به سیستم و محصول تحت بررسی بستگی دارد که باید مورد توجه قرار گیرد.

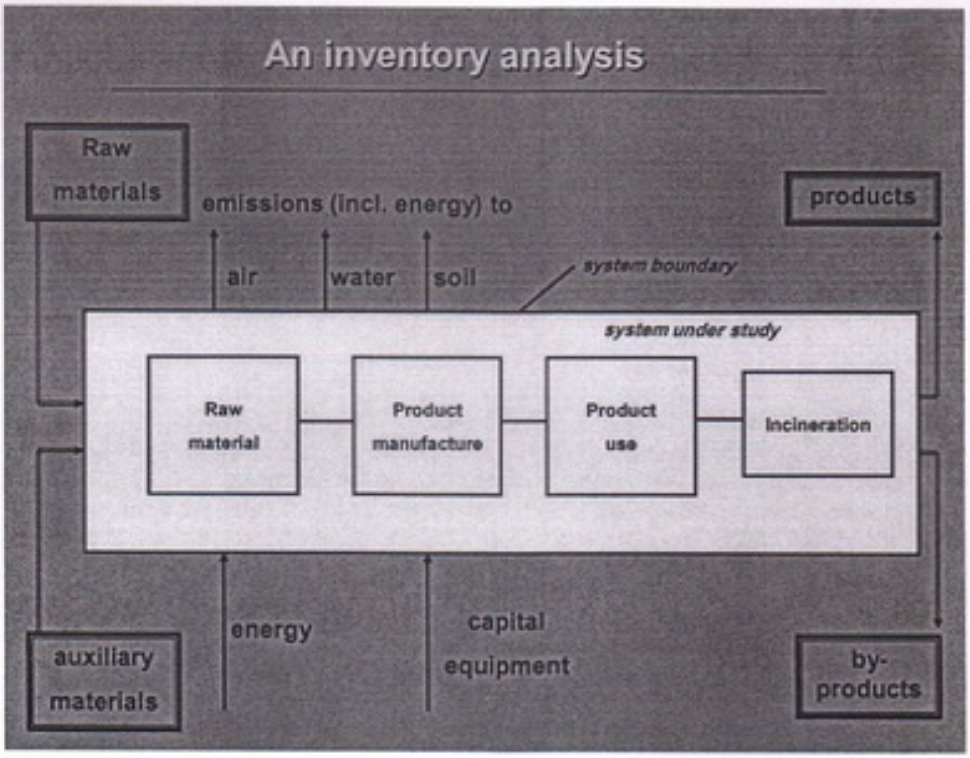
ارزیابی چرخه زیستی تخته خرده چوب:

از اولین محصولاتی که مورد ارزیابی چرخه زیستی قرار گرفتند، پنجره های چوبی بودند که با پنجره های ساخته شده با آلومینیوم و PVC مقایسه شدند. امروزه نتایج مطالعات LCA را می توان برای تعدادی از محصولات چوبی مانند در، پنجره، پارکت، مصالح ساختمانی چوبی و مبلمان یافت. برای انجام مقایسه مبلمان ساخته شده از تخته خرده چوب با مبلمان ساخته شده از چوب یا سایر مواد، نتایج مطالعه چرخه زیستی تخته خرده چوب مورد نیاز است. این تحقیق نتایج مطالعه در مورد چرخه زیستی تخته خرده چوب در تعدادی از کارخانجات مختلف کشور آلمان را نشان میدهد که با همکاری دانشگاه هامبورگ و انجمن تولیدکنندگان تخته خرده چوب آلمان انجام شده است.

اهداف اجرای این تحقیق عبارتند از:

- فراهم کردن اطلاعات جامع از این فراورده برای استفاده در مطالعات LCA فراورده های دیگر.
- فراهم کردن اطلاعات دقیق برای تولیدکنندگان مختلف تخته خرده چوب جهت بهینه سازی محصول و فرایند آنها از نظر اکولوژیک و اقتصادی.
- فراهم کردن امکان انجام مقایسه شاخصهای مختلف با میانگین صنعت توسط تولیدکنندگان مختلف.
- فراهم کردن اطلاعات زیست محیطی محصول برای صنعت تخته خرده چوب جهت کاربرد در بازاریابی.

اطلاعات مورد نیاز از ۱۱ کارخانه تولید تخته خرده چوب جمع آوری شده و اطلاعات مربوط به چوب از شرکتهای جنگلداری و مربوط به چسب از شرکت‌های تولید چسب اخذ شده است. همچنین اطلاعات حمل و نقل از شرکتهای حمل و نقل و اطلاعات برق از تامین کنندگان برق و نیز اطلاعاتی در مورد مواد شیمیایی مورد استفاده از تامین کنندگان آنها تهیه شده است. از سایر مطالعات انجام شده در مورد چوب بری، بازیافت چوب، انرژی و .. نیز استفاده شده است.



واحد مورد ارزیابی ، یک متر مکعب از محصول تخته خرده چوب می باشد که بطور میانگین کارخانجات مختلف محاسبه شده است. تاثیرات منفی زیست محیطی در هر مرحله طبق استاندارد ISO/EN 14.041 محاسبه شده است.

نتایج:

در ادامه خلاصه ای از نتایج ارائه شده است. جدول ۱، خلاصه جریان مواد را برای محصول مورد مطالعه نشان می دهد:

In (kg/m^3)		Out (kg/m^3)	
		boards[1]	642
round wood[1]	94	water in boards	55
industrial residues [1]	471	**total boards**	**697**
recovered wood incl. recycled boards[1]	95	by-products(mainly sander dust)	82
wood total[1]	660	process water	192
water in wood	416	solid waste	2
glue (dry matter)[2]	58	metals	1
water in glue	31	packaging material	1
process water	254	emission to air (water vapor)	448
other materials	3		
total	1423	total	1423

[1] dry matter
[2] incl. paraffine, hardener etc.

همانگونه که ملاحظه می گردد، تمام مواد و ورودی های مواد اولیه جهت تولید یک مترمکعب تخته خرده چوب ، در کنار خروجی های محصول و سایر مواد خروجی در حین تولید آورده شده است. لازم به ذکر است که در ایران مواد مصرفی برای تولید یک مترمکعب محصول، به دلیل مشکلات فنی بسیار بالاتر از اعداد فوق می‌باشد، مثلا در مورد چوب حدود ۸۰۰ کیلوگرم چوب خشک برای هر مترمکعب استفاده می شود.

جدول ۲ ، انرژی مصرفی به تفکیک منبع انرژی مورد استفاده:

	Energy input in MJ/m^3	
Fossil fuels	**344**	
Wood fuels		
bark	37	
recovered wood	462	
production residues		
- chip preparation	519	
- sander dust	719	
- others	294	
total wood	**2032**	
total thermal energy	**2375**	
electricity	**1383**	**(=116 kWh)**
transport within the mill	**16**	
total energy	**3774**	

نکته قابل توجه استفاده حداکثری از انرژی حاصل از ضایعات چوبی کارخانه است، موردی که در ایران بدلیل ارزان بودن انرژی و مشکلات فنی، هنوز اجرایی نشده است.

جدول ۳ ، مصرف انرژی به تفکیک مراحل تولید آمده است:

	electrical energy (kWh/m3)
chip preparation	37
chip drying	25
glueing	6
pressing, sizing	25
sanding	17
others	6
total	**116**

	thermal energy (kWh/m3)
chip drying	1735
pressing	384
others	256
transport	16
total	**2391**

مرحله خشک کردن خرده چوب ها بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد.

در خصوص کارایی مصرف مواد، این شاخص با فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$\text{مواد مصرف کارایی} = \frac{\text{خشک تخته خروجی}}{\text{خشک چسب} + \text{خشک چوب}} * ۱۰۰$$

هر چه این مقدار بیشتر باشد، نشانگر کارایی بیشتر مصرف مواد است. میانگین این شاخص در مطالعه انجام شده ۸۹٪ بوده و اعداد بدست آمده بسته به نوع تکنولوژی و مواد مصرفی ، بین ۷۵٪ تا ۹۷٪ متغیر بودند. درصد چسب خشک مصرفی نیز بطور میانگین ۸۸٪ بوده و در واحدهای مختلف بین ۷.۸ تا ۱۱ درصد متغیر بوده است.

مصرف انرژی بطور کلی در مقایسه با سایر فراورده های چوبی و غیر چوبی پایینتر است و در طی ۲۵ سال گذشته در این صنعت به مقدار ۴۰٪ کاهش یافته است. برای تولید تخته خرده چوب بطور متوسط ۸۵٪ انرژی حرارتی در داخل کارخانه با استفاده از ضایعات چوبی تولید شده است. و فقط ۱۵٪ آن از طریق سوخت فسیلی تامین شده است. مصرف انرژی از منابع ضایعات تولیدی کارخانه در واحدهای مختلف بین ۷۰ تا ۹۷ درصد متغیر بوده است. دامنه مصرف انرژی الکتریکی نیز بین ۹۰ تا ۱۶۰ کیلووات ساعت برای هر مترمکعب متغیر است.

مسافت حمل مواد نیز در این مطالعه با اهمیت هستند و این مسافتها در مقایسه با ایران بسیار کوتاهتر هستند. متوسط مسافت حمل مواد مختلف به شرح زیر هستند:

چوب گرد: ۵۰ کیلومتر

ضایعات صنعتی چوبی: ۱۰۰ کیلومتر

چوب بازیافتی: ۱۰۵ کیلومتر

چسب: ۴۲۰ کیلومتر

پارافین: ۴۸۰ کیلومتر

ارزیابی لطمات زیست محیطی:

روش استاندارد مورد استفاده در LCA، گروه‌بندی تاثیرات مختلف را در دسته‌های لطمات مختلف زیست محیطی پیشنهاد می‌کند. این گروه ها در مطالعات مختلف متفاوت هستند اما اکثر محققان گروه بندی زیر را پیشنهاد می‌کنند:

پتانسیل گرم کردن کره زمین (GWP)

اسیدی کردن (AC) و تشکیل ازن فتوشیمیایی (POCP)

آلودگی خاک (EP)

تاثیر بر سلامت انسان (HTP)

تاثیر بر سلامت زیست بوم (TETP)

آلودگی آب (AETP)

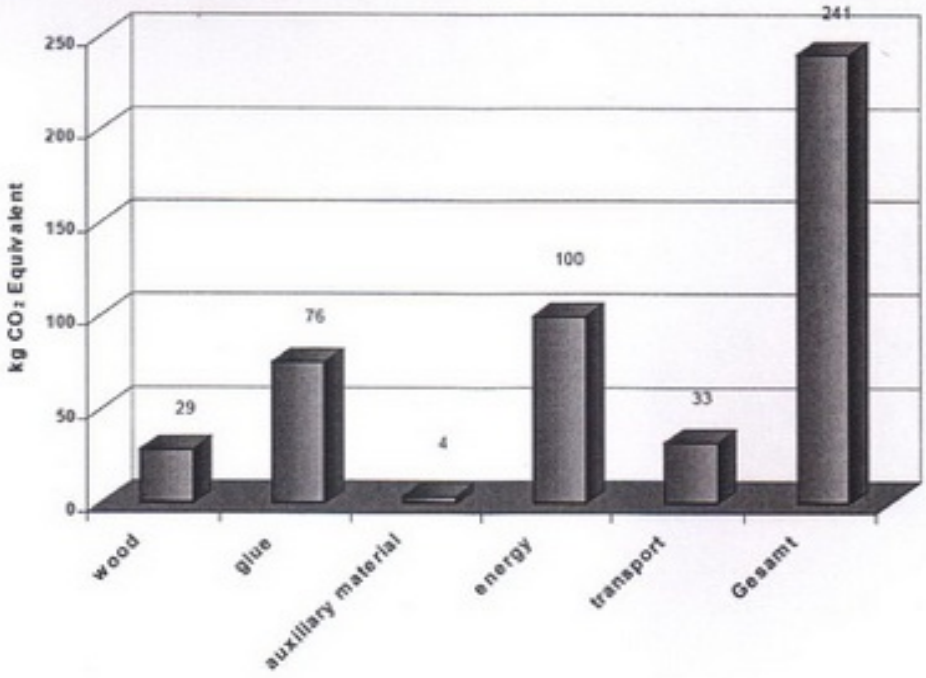
نرم افزاری بنام UMBERTO برای ارزیابی این لطمات، دسته‌بندی آنها و محاسبات آن بکار رفته است. در بین گروه های مختلف لطمات زیست محیطی، انواع مختلف تاثیرات وزن دهی و استاندارد شده اند. به عنوان مثال، در گروه پتانسیل گرم کردن زمین، فاکتورهای وزن دهی زیر برای گازهای مختلف پیشنهاد شده است:

	Time span considered	
	20 years	100 years
CO_2	1	1
CH_4	62	24
NO_2	290	320
O_3		2000
H1201 Halou	6200	5600
R134a FCKW	3300	1300
R22 FCKW	4300	1700

پتانسیل گرم کردن کره زمین (GWP):

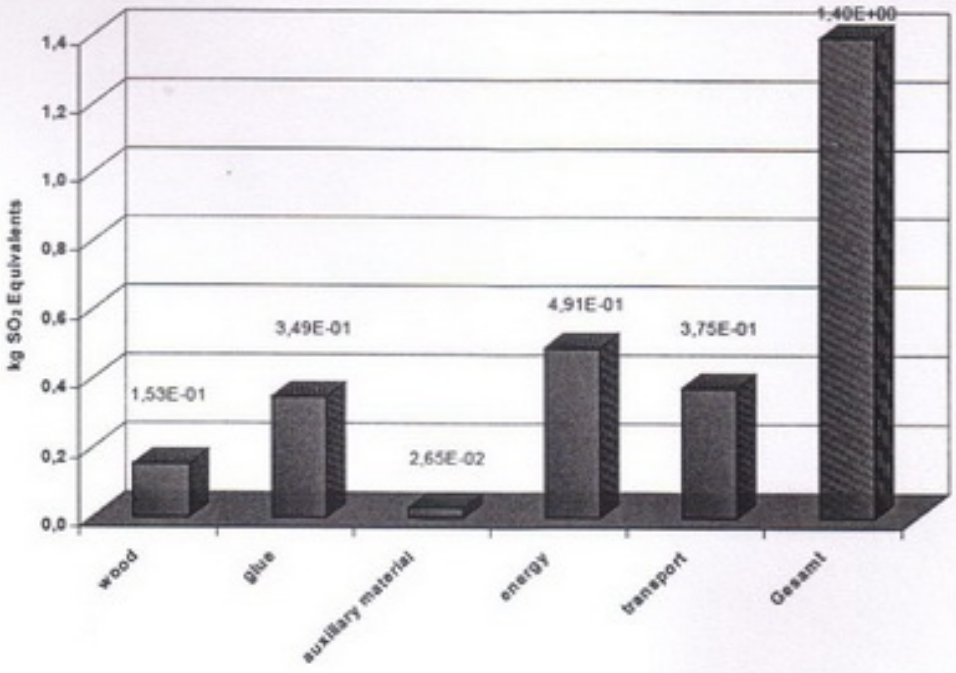
شکل زیر نتایج پتانسیل گرم کردن زمین را در تخته خرده چوب نشان می دهد. انرژی بسیار زیادی برای تولید چسب مورد نیاز است، بنابراین چسب ۷۶ کیلوگرم از ۲۴۱ کیلوگرم کل این فاکتور را به خود اختصاص داده است.

۱۰۰ کیلوگرم مربوط به انرژی فقط به بخش انرژی فسیلی مربوط است چون بدلیل بسته بودن سیکل کربن چوب، انرژی حاصل از آن در این محاسبه آورده نشده است.

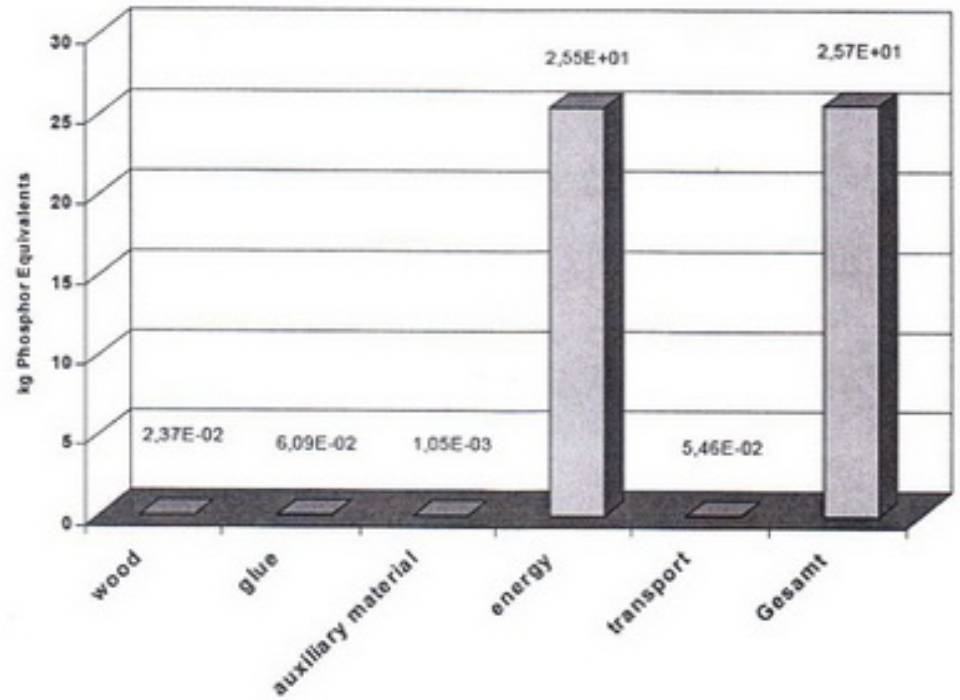


اسیدی کردن (AC) و تشکیل ازن فتوشیمیایی (POCP):

شکل زیر پتانسیل اسیدی کردن و تشکیل ازن فتوشیمیایی را در تخته خرده چوب نشان می دهد. باز هم نقش چسب بالاتر از سایر موارد است.

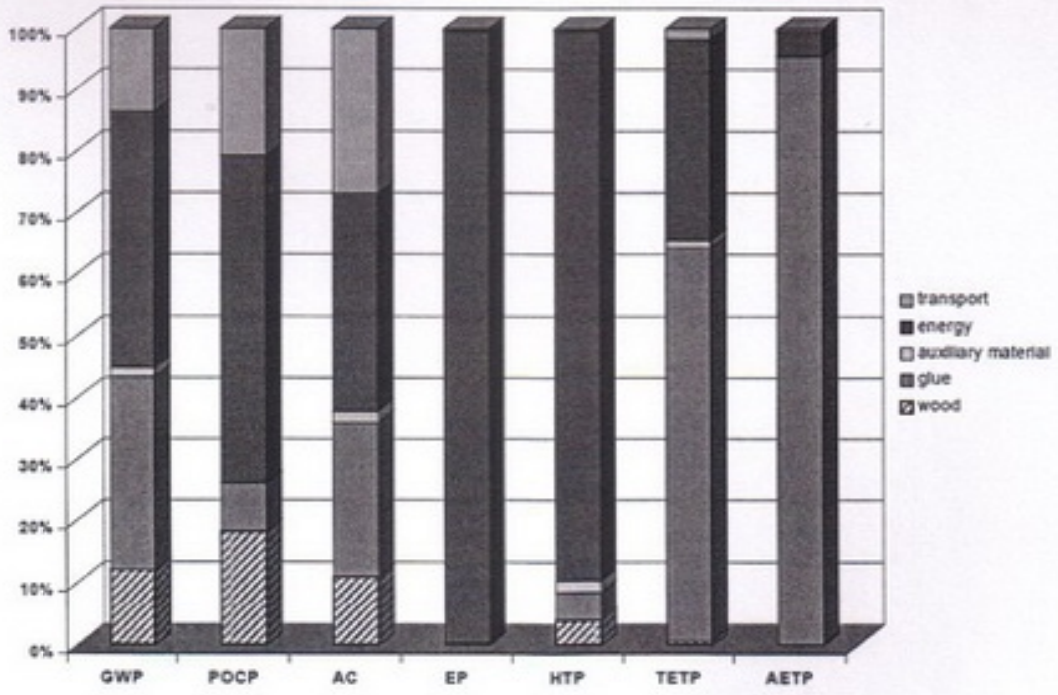


آلودگی خاک (EP):



منشا لطمات زیست محیطی:

شکل زیر، گروه‌های مختلف لطمات زیست محیطی را به همراه منشا تشکیل آنها نشان می‌دهد:



انرژی در EP و HTP از همه موثرتر است. و چسب نیز در TETP و AETP از همه تاثیرگذارتر است. چوب و حمل و نقل، نقش بسیار کمتری نسبت به بخش های دیگر داشته اند.

نتایج این تحقیق می تواند در ارزیابی LCA مبلمان بکار گرفته شود. تفاوتهای موجود در بین کارخانجات مختلف از نظر مصرف مواد، حمل و نقل، تکنولوژی تولید و... کمتر از حد انتظار بودند. بهبود شاخص ها نیز از طریق افزایش کارایی مصرف انرژی و مواد و کاهش فاصله حمل و نقل ممکن خواهند بود.