

ارزیابی اثرات زیست محیطی فرآیند تولید مبلمان راحتی با استفاده از تکنیک ارزیابی چرخه حیات (LCA)

چکیده

مطالعه حاضر با فراهم آوردن داده‌های سیاهه چرخه زندگی فرآیند تولید مبلمان راحتی در دو واحد تولیدی مجزا (B1 و B2) در استان تهران، به تجزیه و تحلیل زیست محیطی جریان تولید این فرآورده (به صورت دروازه تا دروازه) می‌پردازد. نتایج این تحقیق نشان داد که به طور کلی میزان انتشار آلودگی واحد تولیدی B1 بیشتر از واحد تولیدی B2 بوده است که علت آن انجام مراحل برش‌کاری و مونتاژ کلاف مبلمان در داخل همان واحد تولیدی می‌باشد. همچنین مشخص گردید بیشترین عامل اثر گذار مربوط به تولید و استفاده از پارچه و پس از آن تولید فوم پلی اورتان می‌باشد. علاوه بر این، نتایج نشان داد تولید مبلمان راحتی بیشترین تاثیر را روی کیفیت اکوسیستم و بعد از آن به ترتیب بر روی سلامت انسان و منابع (سوخت‌های فسیلی و معادن) می‌گذارد.

واژگان کلیدی: ارزیابی چرخه حیات، مبلمان راحتی، کیفیت اکوسیستم، سلامت انسان.

هه ژار عباسی^۱

حمید زارع حسین آبادی^{۲*}

حسین موسی‌زاده^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲ استادیار، تکنولوژی فرآورده های مرکب چوبی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۳ استادیار، مهندسی مکانیک، گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

مسئول مکاتبات:

hzareah@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۳

مقدمه

صنایع چوب از جمله صنایعی است که از گستردگی زیادی بصورت صنف و صنعت برخوردار بوده و دارای امکانات بالفعل و بالقوه فراوانی می‌باشد. گستردگی آن از منابع طبیعی و جنگل‌ها شروع شده، تا کارخانجات تولید تخته‌خرده‌چوب، تخته‌فیبر، تخته‌لایه و روکش امتداد داشته و در نهایت به صنایع مبلمان ختم می‌شود. این طیف وسیع به همراه نیاز روزافزون به محصولات آنها نشانگر اهمیت بالای این صنعت است. صنعت مبلمان در اصل یک صنعت مونتاژ بوده که در استخدام چند نوع ماده خام برای تولید محصول می‌باشد. گستره مواد خام شامل

چوب، فلزات، پلاستیک، پارچه، چرم و یا شیشه می‌باشد [۱]. صنعت مبلمان سالیانه باعث انتشار حجم زیادی مواد فرار آلی که ناشی از استفاده از انواع چسب‌ها، پارچه، رنگ‌ها و مواد پوششی است، به محیط زیست می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان آلودگی چند روش وجود دارد که یکی از بهترین آنها ارزیابی چرخه حیات است. ارزیابی چرخه حیات تکنیکی است که در آن اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول، در کل چرخه حیاتش ارزیابی شده و در نهایت برای بهبود فرآیندهای تولید و جلوگیری از اثرات نامطلوب زیست محیطی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور خلاصه، می‌توان بیان نمود که استفاده از این تکنیک، اساسی برای توسعه پایدار و بهبود شاخص-

می گیرد. رویکرد حاکم بر انجام مطالعه چرخه حیات، گهواره تا گور^۳ می باشد، به این مفهوم که مراحل مختلف انجام یک فرآیند از استخراج مواد اولیه تا دفع نهایی (برای یک واحد مشخص از مبلمان از زمان تهیه چوب از جنگل، حمل آن به شرکت‌های تولیدی، ساخت، استفاده، بازیافت و دفع نهایی) مورد بررسی قرار می گیرد [۷]. در ارزیابی چرخه حیات، شاخص‌های زیست محیطی مورد بررسی عبارتند از: سرطان زایی^۴، تنفس مواد ارگانیک^۵، تنفس مواد غیرارگانیک^۶، تغییرات آب و هوایی^۷، تشعشع^۸، کاهش لایه ازن^۹، مواد سمی^{۱۰}، اسیدی شدن^{۱۱}، استفاده از زمین^{۱۲}، مواد معدنی^{۱۳} و سوخت‌های فسیلی^{۱۴}.

امروزه مهاجرت مردم به مناطق شهری و تغییر سبک زندگی باعث افزایش تقاضا برای مبلمان و در کل رشد صنعت مبلمان شده است [۸]. اهمیت صنعت مبلمان بیش از سایر بخش‌های صنایع چوب است، چرا که صنعت مبلمان به تنهایی ۸۰ درصد کل مراکز تولیدی، ۷۲ درصد ارزش افزوده کل صنایع چوب کشور، و ۴ درصد نیروی کار کل صنایع کشور را به خود اختصاص داده است [۹].

صنعت مبلمان سالیانه باعث انتشار حجم زیادی آلودگی بر اثر تولید فوم و پارچه و انتشار مواد فرار آلی که ناشی از استفاده از انواع چسب‌ها، رنگ‌ها و مواد پوششی است، در محیط می‌شود که علاوه بر تأثیر منفی بر روی محیط زیست، برای سلامت انسان نیز مضر است. مبلمان چوبی در ایران عمدتاً با روش‌های سنتی و ماشین آلات قدیمی که معمولاً پر هزینه بوده و با صرف انرژی بالا، کار و ضایعات فراوان همراه است تولید می‌شود. بنابراین دارای بار زیست‌محیطی بسیار زیادی به ازاء هر واحد تولید محصول می‌باشد. به‌طور کلی، از جهت اهمیت اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی صنعت مبلمان، حرکت به

های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد. توجه به مسائل زیست محیطی به‌طور روزافزونی در جوامع پیشرفته و حتی جوامع در حال توسعه بیشتر و بیشتر می‌شود. در دهه‌های اخیر این توجهات معطوف بر کاهش آلاینده‌های آب، خاک و هوا بوده است. اما توجهات جدید به مسائل زیست محیطی بسیار گسترده‌تر و پیچیده‌تر هستند. از جمله مدیریت پایدار منابع که شامل استفاده حداقل از منابع، استفاده از مواد بازیافتی، ضایعات و محافظت از محیط زیست می‌شود. در واقع کاهش مصرف انرژی، استفاده از انرژی حاصل از منابع تجدید پذیر، استفاده بهینه از مواد، استفاده مجدد و بازیافت مواد و کنترل آلاینده‌ها از جمله مواردی هستند که به پایداری یک صنعت کمک می‌کنند [۲].

کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه^۱ (WCED)، در گزارشی تحت عنوان آینده مشترک ما (۱۹۸۷)، گزارشی جهت یک استراتژی متحد برای توسعه پایدار و محیط‌زیست آماده و منتشر کرده است. بر اساس نتایج حاصل از این گزارش، توسعه پایدار، رفع نیازهای حاضر بدون به خطر انداختن توانایی‌های نسل آینده برای بر طرف نمودن نیازهای خود می‌باشد [۳]. Sachs و Warner معتقد بودند که چالش بزرگ قرن ۲۱، توسعه پایدار خواهد بود [۴]. از آنجا که اهمیت حفاظت از محیط‌زیست در جوامع امروزی بدیهی است، اقدام و اجرای هر گونه برنامه نیاز به دانش کافی و شناخت لازم از محیط‌زیست دارد [۵]. امروزه مصرف‌کننده‌های متعهد به محیط‌زیست، حساسیت ویژه‌ای بر روی شاخص‌های زیست‌محیطی از زمان تولید تا مصرف محصول دارند. در واقع کالایی دارای مقبولیت بیشتر است که اثرات زیست‌محیطی کمتری داشته باشد. علاوه بر آن، کاهش سریع منابع سوخت‌های فسیلی و اثرات مخرب استفاده از این سوخت‌ها بر تغییرات آب و هوایی، اهمیت مبحث ارزیابی چرخه حیات^۲ را بیش از پیش آشکار می‌سازد [۶].

ارزیابی چرخه حیات، رهیافتی است که به کمک آن جنبه‌های زیست محیطی در ارتباط با یک محصول یا فرآیند یا خدمات، در تمام طول حیات آن مورد بررسی قرار

3 Cradle to Grave

4 Carcinogens

5 Resp. Organic

6 Resp. Inorganic

7 Climate Change

8 Radiation

9 Ozone Layer Depletion

10 Ecotoxicity

11 Acidification

12 Land Use

13 Mineral

14 Fossil Fuels

¹ World Commission on Environment and Development
² Life Cycle Assessment (LCA)

قابل اعتماد برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی در طول چرخه عمر یک محصول و بخشی از فرایند تصمیم گیری برای حرکت به سمت محصولات سازگار با محیط زیست می‌باشد [۱۹].

بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته در خصوص اهمیت و جایگاه تکنیک ارزیابی چرخه حیات در صنعت مبلمان و قابلیت های استراتژیک این تکنیک در ارزیابی اثرات زیست محیطی در طول چرخه زندگی یک محصول و همچنین ضعیف بودن پایگاه داده در مورد مبلمان راحتی، انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسید. با توجه به دامنه ارزیابی چرخه حیات و در دسترس نبودن داده های مربوط به تهیه ماده اولیه و همچنین داده های مرتبط با بازیافت و دفع نهایی محصول، در این تحقیق ارزیابی چرخه حیات فقط به صورت دروازه تا دروازه^{۱۸} (یعنی از ورود ماده اولیه تا خروج محصول نهایی) مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس دو واحد تولید کننده مبلمان راحتی در استان تهران به صورت مطالعه موردی در نظر گرفته شد. در واحد تولیدی اول (B1) فرایند تولید مبلمان از مرحله چوب خشک کنی تا مرحله بسته بندی مبلمان انجام شده و در واحد تولیدی دوم (B2) کلاف مبلمان به صورت آماده تهیه شده و فقط رویه کوبی آن در واحد تولیدی مورد نظر انجام می‌گرفت. مرز سیستم فرآیند تولید مبلمان راحتی در شکل ۱ نشان داده شده است. در زنجیره فرآیند تولید ابتدا الوار وارد انبار کارخانه شده و سپس بر اساس رطوبت اولیه و بر حسب نیاز به واحد چوب خشک کنی انتقال می‌یابد. الوار پس از خشک شدن و رسیدن به رطوبت مورد نظر، در واحد برش کاری به اندازه های مورد نیاز برش خورده و پس از آن اتصالات فاق و زبانه بر روی قطعات ایجاد می‌شوند. بعد از این مرحله، بخشی از قطعات که بر روی آن پارچه قرار نمی‌گیرد به واحد رنگ کاری انتقال داده شده و پس از آن جهت خشک شدن رنگ در سالن رنگ خشک کنی نگهداری می‌شوند. در نهایت بعد از مونتاژ کلاف بر روی آن رویه کوبی انجام شده و پس از بسته بندی، محصول نهایی به انبار محصول کارخانه انتقال داده می‌شود.

سمت توسعه پایدار این صنعت ضروری به نظر می‌رسد [۱۰]. Gonzalez-Garcia و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که علاقه رو به رشد عموم مردم به سمت زندگی پایدار، موجب طراحی محصولاتی با اثرات زیست محیطی و اجتماعی کم تر شده است. آنها همچنین گزارش دادند که توجه به زندگی پایدار در کشورهای توسعه یافته منجر به وضع مقررات شدیدتر در بخش های تولید، استفاده و پایان زندگی محصولات گردیده است [۱۱].

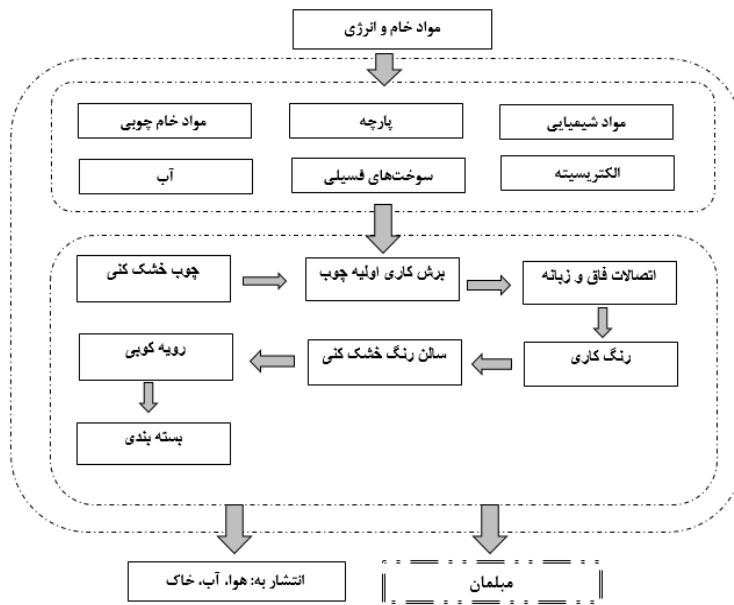
Werner و Richter (۲۰۰۷) و Glover و همکاران (۲۰۰۲) عنوان کردند که بسیاری از مطالعات ارزیابی چرخه حیات ثابت کرده است که محصولات چوبی در مقایسه با محصولات تهیه شده از مواد دیگر با عملکرد مشابه، معمولاً وجهه زیست محیطی مطلوب تری دارند [۱۲، ۱۳]. Werner و Richter (۲۰۰۷) بیان کردند که با وجود قابلیت های استراتژیک تکنیک ارزیابی چرخه حیات در ارزیابی تاثیر در طول چرخه زندگی یک محصول، پایگاه داده آن در مورد مبلمان بسیار ابتدایی است [۱۳]. Tarantini و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که از تکنیک ارزیابی چرخه حیات برای تعریف تدارکات عمومی^{۱۵} (GPP) معیارهای سبز و ساختمانی محصولات استفاده می‌شود [۱۴]. مطالعات Werner و Richter (۲۰۰۷)، Gonzalez-Garcia و همکاران (۲۰۰۹) و Vidal و Bovea (۲۰۰۴) ثابت کرده است برای اطمینان از کاهش اثرات زیست محیطی در ساخت مبلمان، در نظر گرفتن ترکیبات آلی فرار (VOC^{۱۶}) و میزان تولید گازهای گلخانه ای بسیار مهم است [۱۳، ۱۵، ۱۶]. در بخش تجاری مبلمان اداری، شرکت هایی مانند Herman Miller و Steelcase مطالعات زیست محیطی را بر اساس DFE^{۱۷} و LCA انجام داده اند [۱۷]. Federlegno Arredo (۲۰۱۰) در یک بررسی در میان یک مجموعه از مصرف کنندگان ایتالیایی نشان داد که یک سوم این مصرف کنندگان، ۱۰ درصد بیش تر از قیمت استاندارد برای یک قطعه از مبلمان با ویژگی های سازگار با محیط زیست پرداخت می‌کنند [۱۸]. Bauman و Tillman (۲۰۰۴) بیان داشتند که ارزیابی چرخه حیات (LCA) به عنوان یکی از روش های

¹⁵ Green Public Procurement

¹⁶ Volatile Organic Compounds

¹⁷ Design For The Environment

¹⁸ Gate to Gate Life Cycle Assessment



شکل ۱- مرز سیستم فرآیند تولید مبلمان راحتی

استخراج و یا جمع‌آوری مواد خام تا تولید، مصرف و سپس بازیافت، ضایعات حاصل و در نهایت دفع آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در مطالعه ارزیابی چرخه زندگی چهار مرحله وجود دارد [۲۲]:

الف- مرحله تعریف هدف و دامنه، ب- مرحله تجزیه و تحلیل سیاهه، پ- مرحله ارزیابی پیامد، ت- مرحله تفسیر. در مرحله تعیین هدف و دامنه در مورد چگونگی (دامنه) و چرایی (هدف) یک مطالعه‌ی ارزیابی چرخه حیات بحث می‌شود. تعیین هدف، نتیجه و عواید حاصل از مطالعه را مشخص کرده و تعیین دامنه در رابطه با توصیف واحد عملکردی محصول مورد مطالعه، سامانه‌ی تولید و مرزهای آن، روند جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و بخش‌های اثر زیست‌محیطی مورد نظر می‌باشد. در مرحله‌ی تحلیل سیاهه، منابع طبیعی و دیگر ورودی‌های سامانه و انتشار آلاینده‌ها و سایر خروجی‌ها در هر فرآیند از سامانه تولید مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله ارزیابی اثرات، ورودی‌های منابع طبیعی و انتشارات زیست محیطی به صورت سهم آن‌ها در محدوده‌ی بخش‌های اثر منتخب ارائه گردیده و در مرحله‌ی نهایی نتایج مراحل قبلی تفسیر خواهد شد [۲].

در ارزیابی چرخه حیات به منظور محاسبه اثرات زیست محیطی، یک واحد مشخص از محصول (واحد

تحلیل سیاهه چرخه حیات

Crawford (۲۰۰۸) بیان می‌کند که کیفیت داده‌های تحلیل سیاهه چرخه زندگی بر قابلیت اعتماد نتایج ارزیابی چرخه زندگی تاثیر گذار خواهد بود [۲۰]. در این تحقیق، تمامی داده‌های مربوط به مصرف مواد چوبی، اسفنج، پارچه، آب، مواد شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و برق توسط اندازه‌گیری در محل به دست آمد (داده‌های پیش زمینه). علاوه بر این، داده‌های مربوط به انتشار آلاینده‌های ناشی از هر یک از نهادها (داده‌های پس زمینه) از پایگاه داده اکواینونت^{۱۹} حاصل شد. مطالعات بسیاری در زمینه چرخه حیات صنعتی نشان داده است که بار زیست محیطی ناشی از تولید کالاهای سرمایه‌ای در مقایسه با مرحله عملیاتی تولید بسیار ناچیز است [۱۵، ۲۱]. از این-رو، کالاهای سرمایه‌ای، تعمیر و نگهداری آنها و نیز حمل و نقل پرسنل در مرز سامانه در نظر گرفته نشده است.

ارزیابی چرخه حیات

بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰، ارزیابی چرخه حیات عبارت است از روشی که در آن کلیه اثرات زیست محیطی مرتبط با یک محصول، در کل چرخه حیات آن از مرحله

¹⁹ Ecoinvent

حمل و نقل و در نهایت میزان ضایعات بدست آمده برای هر سال بود و سپس نسبت آن به میزان مبلمان‌های ساخته شده در طول یک سال و در نهایت میزان مواد مصرفی به ازای هر دست مبل بود. برآورد اثرات آلاینده‌ها بر طبیعت و انسان، سیستم‌های مورد مقایسه از نقطه نظرات مختلف (سرطان‌زایی، سمی بودن، تغییرات آب و هوایی) در نرم‌افزار سیماپرو (Simapro Software) مدل شده‌اند که نرم‌افزار سیماپرو با بیش از ۲۵۰۰ پایگاه داده دارای تمامی مواد و فرآیندهای لازم برای مدل کردن هستند. گروه‌های اثر مورد استفاده در این مطالعه نیز طبق روش ECO-indicator در جدول ۱ قابل مشاهده است. در انجام محاسبات، ضرایب تبدیل در هر گروه اثر، از پایگاه داده اکواینونت و نرم‌افزار سیماپرو گرفته شد.

عملکردی) به عنوان مبنای محاسباتی و مقایسه‌ای در نظر گرفته می‌شود. Finnveden و همکاران در سال ۲۰۰۹ بیان داشتند که واحد عملکردی یک واحد کمی از عملکرد کالاها یا خدمات می‌باشد [۲۳] که بیانگر این است که به چه میزان از این عملکرد در مطالعه مورد نظر در نظر گرفته شده است [۲]. واحد عملکردی در پژوهش حاضر بر پایه‌ی حجم تولید بوده و به صورت یک دست مبل راحتی ۷ نفره تعیین می‌شود. به منظور دستیابی به اطلاعات موردنیاز جهت تکمیل این مطالعه روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به پرسشنامه، گفتگو و مصاحبه با کارکنان و مهندسين کارخانه‌ها، استفاده از آمار موجود در کتابخانه‌ها و برخی پایگاه‌های داده اشاره کرد که اطلاعات مورد نیاز شامل میزان مصرف مواد اولیه، میزان مصرف انرژی، میزان

جدول ۱- گروه‌های اثر و واحد اندازه‌گیری هر گروه.

| گروه‌های اثر | واحد اندازه‌گیری |
|-----------------------|---------------------------|
| سرطان‌زایی | DALY/kg |
| تنفس مواد ارگانیک | DALY/kg |
| تنفس مواد غیر ارگانیک | DALY/kg |
| تغییرات آب و هوایی | DALY/kg |
| تشعشع | DALY/kg) |
| کاهش لایه ازن | DALY/kg |
| مواد سمی | PAF×m ² ×yr/kg |
| اسیدی شدن | PAF×m ² ×yr/kg |
| استفاده از زمین | PAF×m ² ×yr/kg |
| مواد معدنی | MJ surplus |
| سوخت‌های فسیلی | MJ surplus |

DALY: تعداد سال‌هایی که از عمر کاسته می‌شود

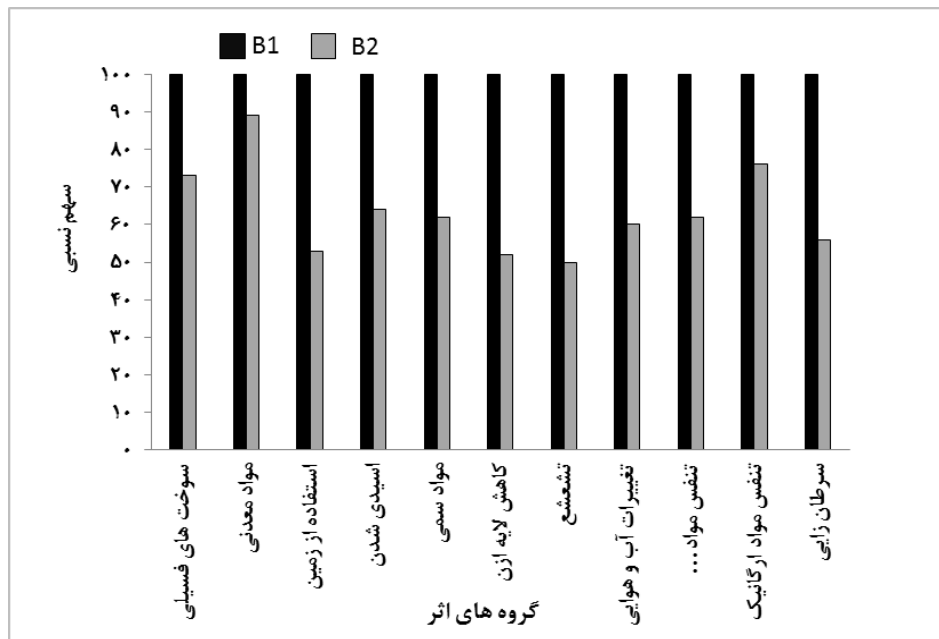
PAF: درصد پتانسیل تاثیرگذاری

حیات پرداخت. شکل ۲ سهم نسبی هر بخش از فرآیند ساخت جهت تولید یک دست مبل راحتی را در هر گروه اثر نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

ارزیابی اثرات زیست محیطی

این مطالعه به تجزیه و تحلیل زیست محیطی از جریان تولید این فرآورده با استفاده از روش ارزیابی چرخه



شکل ۲- مقایسه سهم نسبی فرآیند تولید یک دست مبلمان راحتی در گروه های اثر مختلف.

نتایج حاصل از شکل ۲ به شرح زیر می باشد:

۱- در گروه اثر سرطان زایی، آلودگی شرکت B1 (مرحله چوب خشک کنی تا بسته بندی مبلمان در یک واحد تولیدی) بیشتر از شرکت B2 (فقط مراحل رویه کوبی در واحد تولیدی) بوده است. ۲- شرکت B1 سهم بیشتری را در گروه اثر تنفس مواد ارگانیک نسبت به شرکت B2 داشت، ولی میزان تفاوت آنها اندک بود. ۳- شرکت B1 در گروه اثر تنفس مواد غیرارگانیک، میزان آلودگی بیشتری را نسبت به شرکت B2 داشته است. ۴- میزان سهم شرکت B1 در گروه اثر تغییرات آب و هوایی بیشتر از شرکت B2 بود. ۵- بیشترین میزان تاثیر در گروه اثر تشعشع مربوط به شرکت B1 بود. ۶- در گروه اثر کاهش

لایه ازن، بیشترین آلودگی مربوط به شرکت B1 بود. ۷- در گروه اثر مواد سمی، میزان آلودگی شرکت B1 بیشتر از شرکت B2 بود. ۸- میزان آلودگی در گروه اثر اسیدی شدن در شرکت B1 بیشتر از شرکت B2 بود. ۹- شرکت B1 مسئول عمده انتشارات در گروه اثر استفاده از زمین نسبت به شرکت B2 بود. ۱۰- در گروه اثر مواد معدنی شرکت B1 اثر گذارتر از شرکت B2 بود. ۱۱- سهم شرکت B1 در گروه اثر سوخت های فسیلی بیشتر از گروه B2 بود. مقدار کمی و محاسبه شده اثرات زیست محیطی فرآیند تولید نیز به تفکیک در جدول ۲ نشان داده شده است.

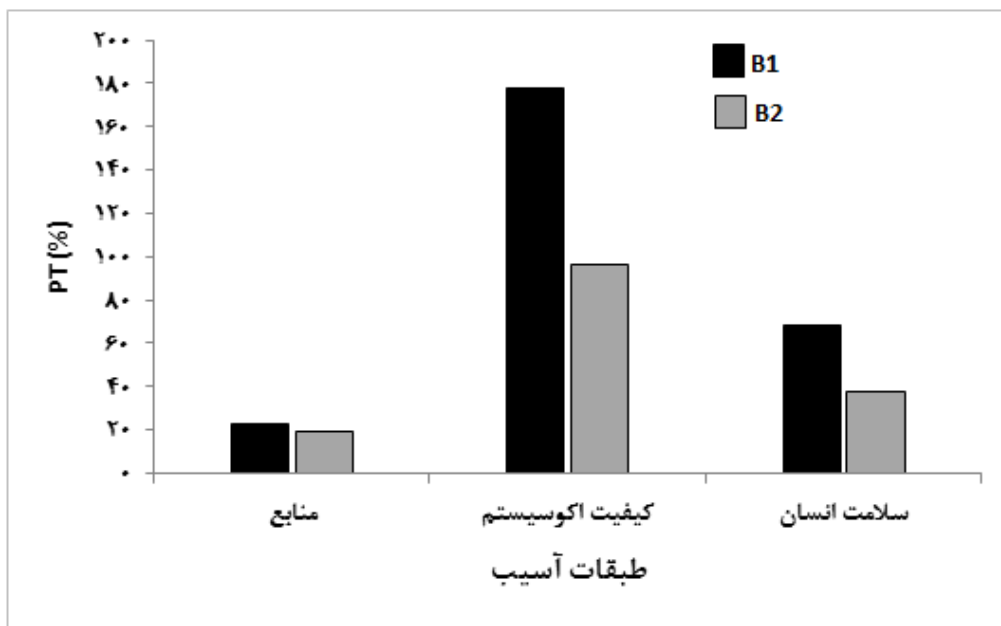
جدول ۲- مقایسه ارزیابی اثرات چرخه زندگی تولید مبلمان راحتی.

| گروه اثر | شرکت | کل (درصد) | اثر گذارترین عامل |
|-----------------------|------|-----------------------|--------------------------------|
| سرطان زایی | B1 | $8/5 \times 10^{-6}$ | پارچه، فوم پلی اورتان، ویسکوز |
| | B2 | $8/15 \times 10^{-6}$ | پارچه، فوم پلی اورتان، ویسکوز |
| تنفس مواد ارگانیک | B1 | $1/86 \times 10^{-8}$ | فوم پلی اورتان، چسب چوب، پارچه |
| | B2 | $2/35 \times 10^{-8}$ | فوم پلی اورتان، چسب چوب، پارچه |
| تنفس مواد غیر ارگانیک | B1 | $2/61 \times 10^{-5}$ | پارچه، فوم پلی اورتان |
| | B2 | $2/75 \times 10^{-5}$ | پارچه، فوم پلی اورتان |
| تغییرات آب و هوایی | B1 | $4/96 \times 10^{-6}$ | پارچه، فوم پلی اورتان |
| | B2 | $5/2 \times 10^{-6}$ | پارچه، فوم پلی اورتان |
| تشنشع | B1 | $7/56 \times 10^{-8}$ | پارچه |
| | B2 | | |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----|-----------------|
| پارچه | $6/5 \times 10^{-8}$ | | |
| پارچه | $6/85 \times 10^{-8}$ | B1 | کاهش لایه ازن |
| پارچه | $6/27 \times 10^{-8}$ | B2 | |
| پارچه، ویسکوز | ۷/۸۲ | B1 | مواد سمی |
| پارچه، ویسکوز | ۸/۱۳ | B2 | |
| پارچه، فوم پلی اورتان، چسب چوب | ۰/۶۲ | B1 | اسیدی شدن |
| پارچه، فوم پلی اورتان، چسب چوب | ۰/۷ | B2 | |
| پارچه | ۶۷/۱۷ | B1 | استفاده از زمین |
| پارچه | ۶۰/۷۴ | B2 | |
| پارچه، ویسکوز | ۱ | B1 | مواد معدنی |
| فلزات، پارچه | ۱/۵ | B2 | |
| فوم پلی اورتان، پارچه | ۲۳/۳۶ | B1 | سوخت‌های فسیلی |
| فوم پلی اورتان، پارچه | ۲۸/۹۲ | B2 | |

ویسکوز بیشترین تاثیر را داشتند و در گروه های اثر تشعشع، کاهش لایه ازن، و استفاده از زمین، پارچه بیشترین تاثیر را داشت. با توجه به نتایج می توان گفت پارچه و فوم پلی اورتان بیشترین اثرات مخرب زیست محیطی را به دنبال دارند. مقایسه ارزیابی اثر دو نوع مبلمان راحتی ساخته شده بر حسب روش معیار واحد در شکل ۳ نشان داده شده است.

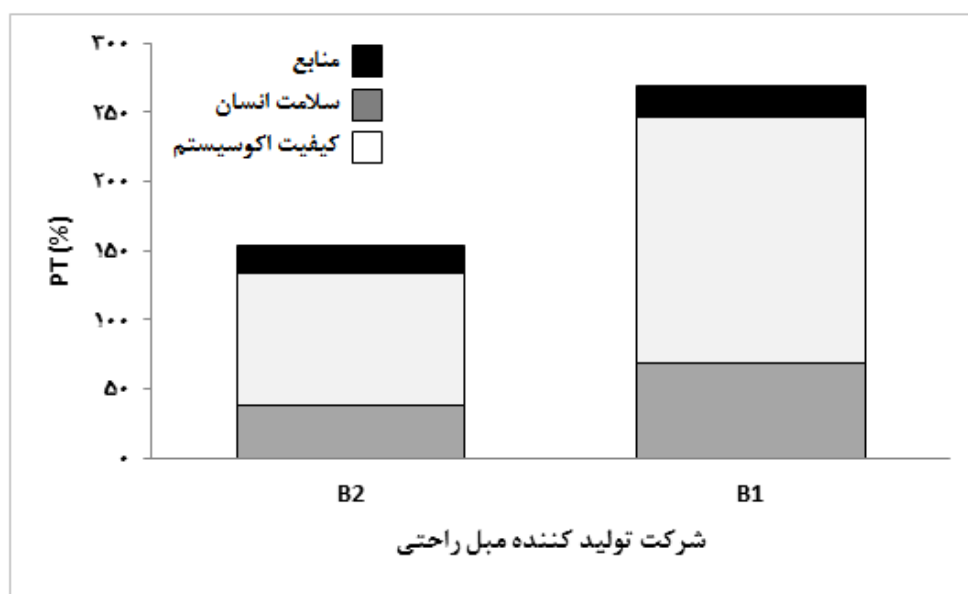
همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، در گروه اثر سرطان زایی، پارچه، فوم پلی اورتان و ویسکوز بیشترین تاثیر را داشتند. در گروه های اثر تنفس مواد ارگانیک و اسیدی شدن، پارچه، فوم پلی اورتان و چسب چوب بیشترین تاثیر را داشتند. در گروه های اثر تنفس مواد غیر ارگانیک، تغییرات آب و هوایی و سوخت های فسیلی، فوم پلی اورتان و پارچه بیشترین تاثیر را داشتند. در گروه های اثر مواد معدنی و مواد سمی، پارچه و



شکل ۳- مقایسه ارزیابی اثر دو نوع مبلمان راحتی بر طبقات آسیب بر حسب روش معیار واحد.

جدول ۳ - میزان اثرات مخرب هر یک از شرکت‌های تولید کننده مبلمان راحتی.

| شرکت B2 | شرکت B1 | واحد | طبقات آسیب |
|---------|---------|-----------------------|----------------|
| ۳۶/۴۰ | ۶۶/۸۳ | DALY | سلامت انسان |
| ۹۳/۷۴ | ۱۷۶/۴۲ | PDF×m ² yr | کیفیت اکوسیستم |
| ۱۷/۳۶ | ۲۳/۷۵ | MJ surplus | منابع |



شکل ۴ - مجموع اثرات زیست محیطی نوع فرآیند تولید بر روی طبقات آسیب بر حسب روش معیار واحد.

سمی می‌باشد، بیشترین اثر مربوط به مبلمان راحتی B1 (مبلمان راحتی از مرحله چوب خشک کنی تا بسته بندی مبلمان در یک واحد تولیدی) با ۱۷۴ Pt می‌باشد. اثر تولید مبلمان راحتی بر منابع که شامل کاهش سوخت‌های فسیلی و مواد معدنی می‌باشد، در مقایسه با سایر زیرگروه‌ها اندک بوده و میزان آن با ۲۳Pt در واحد تولید مبلمان راحتی B1 بیشتر از واحد B2 می‌باشد. میزان اثرات مخرب هر یک از شرکت‌های تولید کننده و مقایسه آن‌ها در جدول ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج جدول ۳، اثرات مخرب واحد تولیدی مبلمان B1 بر روی کیفیت اکوسیستم، سلامت انسان و منابع به ترتیب ۱۷۶/۴٪، ۶۶/۸٪ و ۳۳/۷٪ بیشتر از اثرات مخرب واحد تولیدی مبلمان B2 بر روی معیارهای مورد نظر می‌باشد. با توجه به شکل ۴ نیز می‌توان بیان نمود که به طور کلی تولید مبلمان راحتی B1 اثرات مخرب

همانطور که در شکل ۳ نشان داده می‌شود، تولید مبلمان راحتی بیشترین اثر را بر روی کیفیت اکوسیستم و کمترین اثر را بر روی منابع می‌گذارد. در زیر گروه سلامت انسان که در برگیرنده تغییرات آب و هوایی، کاهش لایه ازن، سرطان‌زایی و اثرات ناشی از تشعشع، تنفس مواد ارگانیک و تنفس مواد غیرارگانیک است، بیشترین اثر مربوط به مبلمان راحتی B1 (مبلمان راحتی از مرحله چوب خشک کنی تا بسته بندی مبلمان در یک واحد تولیدی) با ۶۸ Pt^{۲۰} می‌باشد. در زیر گروه کیفیت اکوسیستم که شامل استفاده از زمین، اسیدی شدن، مواد

^{۲۰} Pt مخفف Point است، که واحدی برای نتایج معیار واحد است. هر ۱۰۰۰ Point، برابر با کل اثر زیست‌محیطی وارد بر یک شهروند اروپایی در یک سال است.

مراحل برش کاری و مونتاژ کلاف مبلمان در داخل همان واحد تولیدی می‌باشد. همچنین بیشترین عامل اثر گذار مربوط به تولید و استفاده از پارچه و پس از آن تولید فوم پلی اورتان بود. علاوه بر این، تولید مبلمان راحتی بیشترین تاثیر را روی کیفیت اکوسیستم و به ترتیب به میزان کمتری بر روی سلامت انسان و منابع (کاهش سوخت‌های فسیلی و معادن) داشت.

بیشتری بر روی سلامت انسان، کیفیت اکوسیستم و منابع دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان بیان داشت که میزان انتشار آلودگی فرآیند تولید مبلمان B1 بیشتر از فرآیند تولید مبلمان B2 بوده است که به دلیل انجام

منابع

- [1] European Union. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/furniture/index_en.htm 2010. [accessed July, 2011].
- [2] Khoshnevisan, B., Rafiee, Sh., and Mousazadeh, H., 2013. Environmental Impact Assessment of Open Field and Greenhouse Strawberry Production. *European Journal of Agronomy*, 50: 29-37.
- [3] Brundtland report. <http://www.are.admin.ch/themen/nachhaltig/00266/00540/00542/index.html?lang=e> >; 1987 [accessed 10.06.06].
- [4] Sachs, J., and Warner, A., 1995. Natural resource abundance and economic growth. Cambridge (MA): Harvard Institute for International Development.
- [5] Mirhagi, H., Khogastehpour, M., Abbasfar, M. H., mahdavi shahri, S. M., 2012. Environmental impact assessment of sugar beet production in South Khorasan using LCA technique. *Agricultural ecology*, 4 (2): 112-120.
- [6] Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X., 2010. Life Cycle Assessment of Sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production*, 18: 336-345.
- [7] Powell, J., 2000. The Potential for Using Life Cycle Inventory Analysis in Local Authority Waste Management Decision Making. *J. Environ. Plann. and Manage*, 43: 351-367.
- [8] Azizi, M., 2014. An overview on furniture industry. Jihad Daneshgahi publications, I. R. Iran, 245 p.
- [9] Zolghadr, M. R., 2008. Export orientation of furniture and wood products in I. R. Iran. Second directory of Iran wood, furniture & paper industries. Special issue of Iran Wood, Paper and Furniture Industry Magazine, Tehran, I. R. Iran, 120 p.
- [10] Weaver PM., Ashby MF., Burgess S., Shibaik N., 1996. Selection of materials to reduce environmental impact: a case study on refrigerator insulation. *Mater Design*, 17(1):11-7.
- [11] Gonzalez-Garcia, S., Silva, FJ., Moreira, MT., Castilla Pascual, R., Garcia Lozano, R., Gabarrell, X., Rieredavalla I Pons, J., Feijoo, G., 2011. Combined application of LCA and eco-design for the sustainable production of wood boxes for wine bottles storage. *Int J Life Cycle Assess*, 16:224-237
- [12] Glover, J., White, DO., Langrish, TAG., 2002. Wood versus concrete and steel in house construction: a life cycle assessment. *J Forest.*, 100(8):34-41.
- [13] Werner, F., Richter, K., 2007. Wooden building products in comparative LCA. A literature review. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 12(7):470-479.
- [14] Tarantini, M., Dominici Loprieno, A., and Porta, PL., 2011. A life cycle approach to green public procurement of building materials and elements: a case study on windows. *Energy*, 36:2473-2482.

- [15] Gonzalez-Garcia, S., Feijoo, G., Widsten, P., Kandelbauer, A., Zikulnig-Rusch, E., and Moreira, MT., 2009. Environmental performance assessment of hardboard manufacture. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 14:456–466.
- [16] Bovea, MD., and Vidal, R., 2004. Materials selection for sustainable product design: a case study of wood based furniture eco-design. *Mater. Des.*, 25:111–116.
- [17] Steelcase., 2004. Think: environmental product declaration: a presentation of quantified environmental life cycle product information for the Think work chair in North America, Steelcase Inc.
- [18] Federlegno, A., 2010. Environmental report, third edition. Milano. In Italian, available on: http://www.federlegnoarredo.it/ContentsFiles/0000109913_RapportoA2010.pdf.
- [19] Bauman, H., and Tillman, AM., 2004. The hitch hiker's guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application. *Studentenlitteratur, Lund*, ISBN 9144023642.
- [20] Crawford, R. H., 2008. Validation of a hybrid life-cycle inventory analysis method. *Journal of environmental management*, Vol 88(3), 496-506.
- [21] Silva, D. A. L., Lahr, F. A. R., Garcia, R. P., Freire, F. M. C. S., and Ometto, A. R., 2013. Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol 18(7), 1404-1411.
- [22] ISO 14044, 2006. Environmental management—life cycle assessment— requirements and guidelines. ISO, Geneva, Switzerland.
- [23] Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinee, J., Heijungs, R., Hellweg, S. and Suh, S., 2009. Recent developments in life cycle assessment. *Journal of environmental management*, Vol 91(1), 1-21.

Environmental impact assessment of comfortable furniture production process using LCA

Abstract

This study focused on the collecting of a comprehensive life cycle inventory data for comfortable furniture in two different production processes (B1 and B2) located in Tehran, I. R. Iran, and analyzed the environmental impacts during the production process as gate to gate investigation. The results revealed that emissions in production process B1 were higher than that of production process B2. The reason for this is that basic operations such as sawing and frame assembling along with final operation have been done in the same unit for case B1. Textile production and usage, and polyurethane foam were identified as the main hotspots, respectively. Moreover, the results showed that comfortable furniture production process has the highest effects on ecosystem quality, human health, and resources (fossil fuels and mines), respectively.

Keywords: Life cycle assessment, comfortable furniture, ecosystem quality, human health.

H. Abbasi¹
H. Zarea Hosseinabadi^{2*}
H. Mousazadeh^{2*}

¹ MSc. student, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

² Assistant Professor, Technology of Wood- based Composites, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

³ Assistant Professor, Mechanical Engineering, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

Corresponding author:
hzareah@ut.ac.ir

Received: 2016/07/17
Accepted: 2016/10/24