

مواد خام، ریسندگی، تولید نخ، رنگرزی، بافندگی، برش، دوخت و تولید پوشاک نهایی می‌شود. پوشاک و منسوجات تقریباً ۱۰ درصد از کل میزان انتشار کربن را تشکیل می‌دهند.

۹-۱۰ درصد از کل انرژی در دسترس در هند در صنعت نساجی مصرف می‌شود و سهم این انرژی مصرف شده در هزینه نهایی تولید ۲۰ درصد است. انرژی الکتریکی و گرمایی مورد نیاز این صنعت، از طریق هیضم، زغال قهوه‌ای، زغال سنگ و نفت کوره تامین می‌گردد و احتراق این سوخت‌ها منجر به انتشار مستقیم دی‌اکسید کربن می‌شود.

هند یکی از تولیدکنندگان عمده پنبه در جهان است و رتبه دوم صادرات این لیف در جهان را در اختیار دارد. سهم پنبه در بخش مواد خام مصرفی در صنعت نساجی هند ۵۹ درصد است. به دلیل تأثیرات زیست محیطی بر روی خاک و آب، نیاز برای پایداری در صنعت نساجی به طور فزاینده‌ای مورد تأکید و توجه قرار گرفته است.

به دلیل مصرف بیش از اندازه کودها، آفت‌کش‌ها و آب، کشت پنبه ذاتاً ناپایدار است. تولید پنبه یکی از عوامل و قربانیان تغییرات اقلیمی است. تولید، فرآوری، خرید، فروش و مصرف محصولات کشاورزی (با احتساب سهم جنگل‌زدایی) سهمی ۴۰ درصد از کل میزان گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در دنیا دارد. سهم تولید پنبه بین ۰٫۳ درصد تا ۱ درصد از کل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان است

شیوه‌های پرورش پنبه در حال حاضر، پایدار نیستند: این شیوه‌ها منجر به آسیب به خاک، آب و زیست‌بوم در تماس با آن و هزینه‌های اجتماعی گزاف شده و تهدیدی برای اقتصادهای منطقه‌ای وابسته به کشت پنبه و صنایع نساجی وابسته به آن است.

کشت الیاف پنبه نیازمند حجم بالای آب (از ۷ تا ۲۹ تن برای هر یک کیلوگرم پنبه) است. بروزرسانی صنعت نساجی کند جلو می‌رود و تعداد زیادی از تولیدکنندگان همچنان از فناوری ناکارآمد استفاده می‌کنند.

مصرف انرژی و رد پای کربن در فرآیند تولید نخ پنبه در صنعت ریسندگی هند

تهیه، تنظیم و گردآوری: ویستا ضابطی

پیشگفتار:

با توجه به اینکه گردآوری فهرست داده‌های مرتبط با چرخه عمر در هند در سال‌های اخیر (چاپ مقاله در سال ۲۰۱۶) آغاز شده است، به دست آوردن داده‌های مرتبط برای مراحل مختلف یکی از چالش‌های پژوهش حاضر بوده است. از دیگر چالش‌ها، پراکنده و غیرمتمرکز بودن و در دسترس نبودن داده‌ها به صورت عمومی یا در منابع رایگان بود. این داده‌ها از منابع مختلفی مانند مقالات مجلات علمی، داده‌های وزارت کشاورزی، پایگاه اطلاعاتی [INDIASTAT](#)، ارتباطات فردی با کارکنان، گزارش‌ها و غیره جمع‌آوری شده‌اند.

مقدمه

مصرفی است.

داده‌های مربوط به مرحله ریسندگی از ارتباطات با کارکنان یک کارخانه ریسندگی در ناحیه اوتاراکنند هند جمع‌آوری شده است. داده‌های مربوط به نهاده‌های مرحله بسته‌بندی مانند پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن سنگین و کارتن‌های مقوایی از پایگاه اطلاعاتی [ECOINVENT](#) جمع‌آوری شده است. برق، پرمصرف‌ترین نهاده در فرآیند ریسندگی و آب دومین نهاده پرمصرف در داخل کارخانه است. انتظار می‌رود که مطالعه حاضر بر روی میزان انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید نخ، از طریق تمرکز بر مراحل با بیشترین تأثیر موجب بهبود زنجیره تامین و ارتقای تصمیم‌گیری در فرآیندهای تولید منسوجات شود.

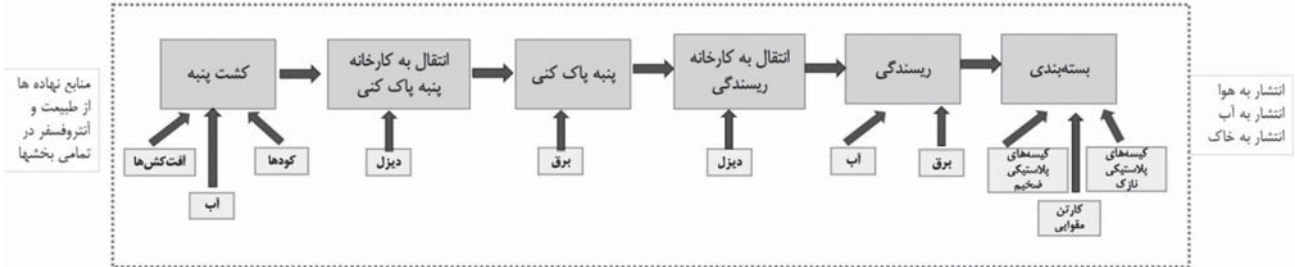
مطالعه پیش‌رو نشان می‌دهد که پایداری در مرحله کشت را می‌توان از طریق استفاده از شیوه‌های مدیریت بهتر و بهره‌رتر کشاورزی مانند آبیاری قطره‌ای و استفاده از کشاورزی ارگانیک برای کاهش اثرات کلی می‌تواند بهبود بخشید.

صنعت نساجی یکی از بزرگترین بخش‌های صنعتی در جهان است. زنجیره تامین این صنعت متنوع و پیچیده است و شامل بخش‌های طراحی، برداشت

فرآیندهای متنوع و پیچیده در صنعت نساجی موجب شده تا این صنعت چالش‌های متعددی را برای استانداردسازی و تهیه مرجع برای سنجش و مقایسه عملکرد فرآیندهای متنوع خود داشته باشد. در این گزارش، میزان نهاده‌های انرژی (انرژی ورودی) و میزان گازهای گلخانه‌ای منتشر شده برای فرآیند تولید نخ پنبه در کارخانه، شامل مراحل کشت کشاورزی، انتقال به کارخانه پنبه پاک‌کنی، پنبه پاک‌کنی، انتقال به کارخانه ریسندگی، ریسندگی و بسته‌بندی براساس مجموعه استانداردهای [ISO ۱۴۰۴۰](#) سازمان بین‌المللی استاندارد برای ارزیابی چرخه عمر بررسی شده است. تمام نهاده‌های انرژی (صرف شده) برای تولید پنبه مانند کودها، آفت‌کش‌ها، برق، نیروی انسانی و حیوانی، بذرها و سوخت دیزل در این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند. داده‌های مربوطه نشان می‌دهد که داده‌های بخش کشاورزی به دلیل تنوع جغرافیایی و نوع کشت و کشاورزان تنوع زیادی دارد.

بیشترین مقدار انرژی مصرف شده، مربوط به سوخت دیزل و کود در کنار میزان برق

مرز سیستم چرخه عمر تولید نخ پنبه



شکل ۱- تحلیل جزئیات مرزهای تولید نخ پنبه

۲- مرحله حمل و نقل که شامل انتقال محصولات کشاورزی از زمین کشاورزی به محل انجام فرآیند پنبه پاک کنی توسط کامیون می‌شود

۳- فرآیند پنبه پاک کنی که مصرف برق را شامل می‌شود

۴- حمل و نقل پنبه پاک شده به کارخانه ریسندگی

۵- تبدیل الیاف به نخ که عمدتاً شامل مصرف برق و آب برای تولید رطوبت را در برمی‌گیرد

۶- بسته‌بندی

مراحل چرخه عمر نخ پنبه که در داخل این محدوده تعریف شده‌اند، در شکل ۱ به تصویر کشیده شده‌اند. داده‌های مربوط به بخش کشاورزی در مناطق مختلف کشور متفاوت و متنوع هستند. کامل نبودن داده‌ها و عدم شناخت منابع مورد استفاده در مرحله کشاورزی ایجاب می‌کند که این تنوع داده به صورت منطقه‌ای کمی‌سازی شود.

از منابع مختلف برای داده‌های این تحقیق کمک گرفته شده و مقادیر میانگین، مد، میانه، کرانه بالا و پایین برای هر نهاده و محصول محاسبه شده‌اند. از آنجایی که پنبه‌دانه محصول جانبی فرآیند پنبه پاک کنی است، از عصاره آن روغن خوراکی بدست می‌آید و باقیمانده آن در مراحل بعد نیز به عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد، میزان نهاده‌های انرژی باید برای الیاف پنبه و پنبه دانه تفکیک شود.

در نبود داده‌های دست اول، اطلاعات ثانویه از مقالات و مطالعات پیشین، و گزارش‌های آژانس‌ها و سازمان‌های بازرسی به دست آمده است. نتایج حاصل از برخی مطالعات خارجی نیز در غیاب

ریسندگی پنبه است. در کارخانجات ریسندگی از برق برای ایجاد رطوبت در هوای سرد استفاده می‌شود.

مقاله حاضر چرخه عمر نهاده‌های انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید ۱ کیلوگرم نخ پنبه را تجزیه تحلیل می‌کند. مطالعه پیش‌رو، توصیه‌هایی برای بهبود سازوکارهای داخلی و تصمیم‌گیری در خصوص فرصت‌های پیشگیری از آلودگی، حفاظت از منابع و به حداقل رساندن ضایعات ارائه می‌دهد. از این رو، نیاز به اطلاعات دقیق‌تر و جزئیات بیشتر در خصوص میزان انرژی و آب مورد نیاز میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نخ پنبه وجود دارد.

ارزبایی چرخه عمر یک محصول شامل ۴ مرحله یا فرآیند می‌شود: تهیه مواد خام، تولید، استفاده یا استفاده مجدد و نگهداری است. این گزارش میزان نهاده انرژی و میزبان گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در سیستم تولید نخ پنبه از تهیه مواد اولیه تا دفع محصول را در هند نشان می‌دهد.

به دلیل اینکه نخ پنبه یک محصول واسطه است و کاربردهای گسترده‌ای دارد، مقیاس مورد مطالعه در این پژوهش محدود به تولید نخ در کارخانه می‌شود و مراحل استفاده از محصول توسط مصرف‌کننده خرد و دور ریز در نظر گرفته نشده است. زنجیره تولید نخ پنبه، به فرآیندهای زیر تقسیم می‌شوند:

۱- مرحله کشت که شامل مصرف سوخت‌ها یا مواد انرژی‌ری بر مانند کودها، علف‌کش‌ها، بذرها، سوخت دیزل و برق برای آبیاری، ماشین‌آلات و نیروی کار برای کشاورزی می‌شود

مصرف انرژی به دلیل ماشین‌آلات مدرن و روش‌های ناکارآمد استفاده از تجهیزات رو به افزایش است. انرژی سهمی حدود ۱۵-۲۰ درصد از هزینه‌های تولید دارد که بعد از هزینه مواد اولیه بیشترین میزان است.

با این حال، مطالعه بر روی انرژی در صنعت نساجی، سهم نسبتاً کمی از کل مطالعات انرژی صنایع مختلف را تشکیل می‌دهد. مطالعات بیشتر در این زمینه در صنعت نساجی، به شناسایی ظرفیت بازده انرژی هم در صنعت نساجی و هم در سایر صنایع مشابه کمک خواهد کرد

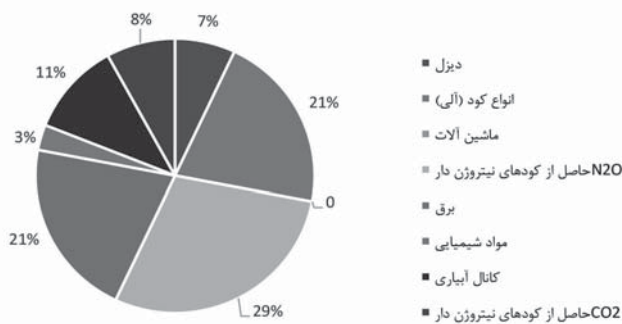
ذرات معلق اولین آلاینده هوا هستند که از حلاجی پنبه حاصل می‌شوند. ISMAIL و همکاران، میزان مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کارخانه‌های پنبه پاک کنی در استرالیا را اندازه گرفته‌اند نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که مصرف برق و گاز به ترتیب ۶۱ درصد و ۳۹ درصد از کل مصرف انرژی در این فرآیند را تشکیل می‌دهد.

تخمین زده شده است که انرژی مصرفی برای پاک کردن یک عدل پنبه برابر با تولید ۶۰,۳۸ کیلوگرم دی اکسید کربن است.

HUGHS و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطالعه‌ای بر روی انرژی مورد نیاز در کارخانه‌های پنبه پاک کنی ایالات متحده داشته‌اند و محدوده KWh/BALE ۳۳,۰۷ تا ۴۱,۳۷ (کیلووات ساعت برای هر عدل پنبه) را به دست آورده‌اند.

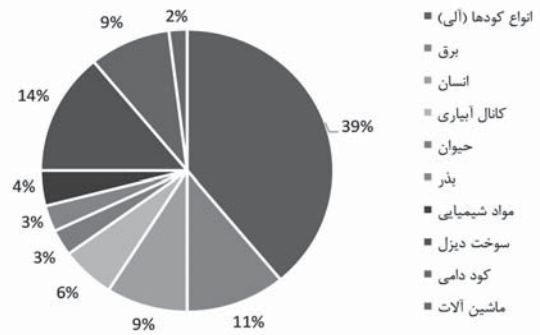
برق اصلی‌ترین منبع انرژی مصرفی در کارخانه‌های ریسندگی به ویژه در دستگاه‌های

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (معادل کربن دی اکسید) در کشت پنبه



شکل ۳- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت پنبه

توزیع انرژی مصرف شده برای کشت پنبه در هند (MJ/ha)



شکل ۲- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از کشت پنبه

در این بخش میزان انرژی و انتشار کربن در کشت، به منظور یافتن نهاده‌ای که سهم بیشتری در مصرف انرژی و انتشار در مرحله کشت دارد، بررسی شد.

با این کار، می‌توان بر روی نهاده‌های خاصی برای ارتقای پایداری فرآیند کشت متمرکز شد. شکل ۲، درصد توزیع انرژی در مرحله کشت برای مقادیر میانگین نهاده‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است، کود در کنار دیزل مورد استفاده برای عملیات کشاورزی و برق برای آبیاری بیشترین سهم نهاده انرژی را مصرف می‌کنند.

تحلیل میزان انتشار در مرحله کشت نشان می‌دهد که این بخش میزان انتشاری برابر با $2,1076 \text{ EQ/KG CO}_2$ (کیلوگرم دی اکسید کربن برای هر کیلوگرم نخ پنبه) بدون اختصاص و $0,8430 \text{ EQ/KG CO}_2$ برای هر کیلوگرم نخ

اختصاص داد ولی در مطالعه حاضر اثر این اختصاص محاسبه نشده است.

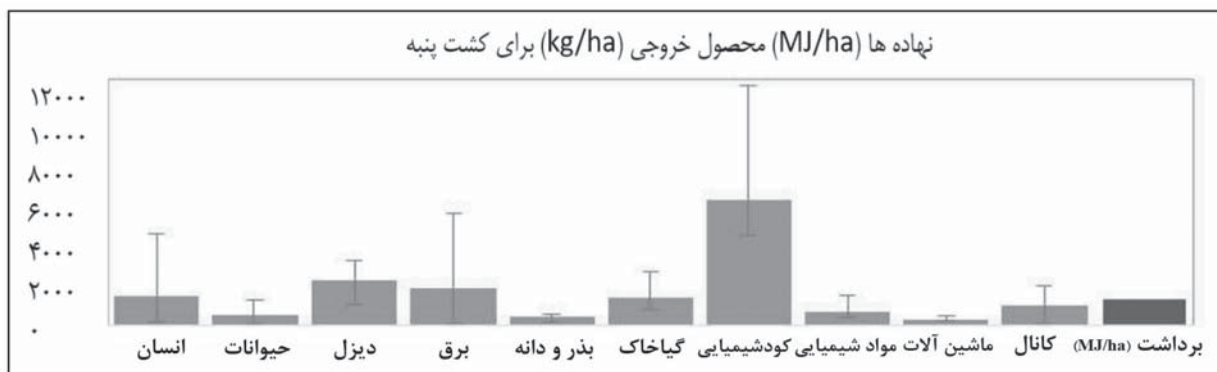
پارامترهای محاسبه شده در این پژوهش که در ادامه این بخش شرح داده خواهند شد، نهاده‌های انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید نخ پنبه هستند. این پارامتر در ارزیابی و مقایسه چرخه عمر انتشار گازهای گلخانه‌ای سیستم‌های مختلف تولید نخ پنبه به کار می‌آیند. در این مطالعه تمامی مراحل تولید نخ پنبه که در آن گازهای گلخانه‌ای منتشر می‌شوند در نظر گرفته شده‌اند، اینگونه می‌توان بر نهاده‌های خاص، با هدف بهبود پایداری کلی از طریق کاهش نهاده‌های انرژی یا آزمون نهاده‌ها یا فرآیندهای جایگزین، متمرکز شد.

بررسی میزان انرژی و انتشار در مرحله کشت پنبه

داده‌های مربوط به هند با این فرضیه استفاده شدند که مصرف انرژی بین هند و کشوری که داده‌های مربوط به آن از آن گرفته شده، یکسان است.

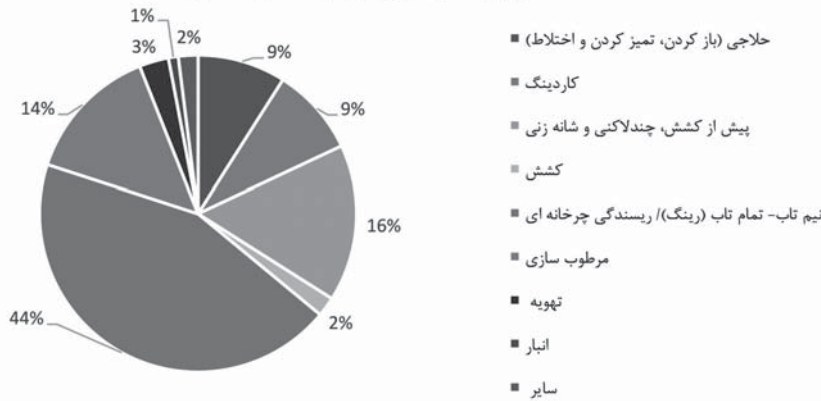
روش‌های اختصاص مورد استفاده به معنی تقسیم‌بندی جریان‌های نهاده/ورودی و خروجی یک فرآیند یا سیستم تولید محصول مورد مطالعه و یک یا بیش از یک سیستم محصول است. ورودی و خروجی‌ها باید براساس رویه‌های شفافیتی که مستندسازی و در کنارهم شرح داده شده‌اند به محصولات مختلف اختصاص یابند.

تولید پنبه به تولید دو محصول ارزشمند منجر می‌شود: الیاف پنبه و پنبه‌دانه. روش‌های اختصاص متفاوتی برای مطالعات چرخه عمر مانند ۱- مبتنی بر جرم ۲- جایگزینی ۳- مبتنی بر اقتصاد در دسترس هستند. بنابراین، باز زیست محیطی را می‌توان به محصولات مربوطه در مراحل مختلف



شکل ۴- نهاده‌ها و خروجی‌های کشت پنبه

توزیع مصرف برق در کارخانه ریسندگی



پنبه با استفاده از روش اختصاص مبتنی بر جرم و $108336 \text{ EQ/KG CO}_2$ برای هر کیلوگرم نخ پنبه در روش اختصاص مبتنی بر اقتصاد دارد. بررسی سهم گازهای منتشر شده از نهاده‌های مختلف، نشان داده است که برای تولید پنبه، بیشترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای را دی‌نیتروژن مونو اکسید (N_2O) موجود در کودهای مورد استفاده است. در کنار کود، سوخت دیزل مورد استفاده و برق نیز سهم به‌سزایی در میزان انتشار دارند که نیاز به بهبود شیوه‌های آبیاری و نیز به حداقل رساندن مصرف کودهای آلی را طرح می‌کند.

از آنجایی که داده‌ها از منابع و مناطق مختلف هند جمع‌آوری شده‌اند تا تنوعشان در مرحله کشت پنبه را به تصویر بکشند، میانگین کرانه بالا و پایین نهاده‌ها و خروجی‌ها که در محاسبات بعدی برای گنجاندن حساسیت تغییرات مورد استفاده قرار گرفته‌اند، محاسبه شده است.

بررسی میزان انرژی و انتشار مرحله حمل و نقل از زمین کشاورزی تا کارخانه پنبه پاک‌کنی

میزان مسافت رفت و برگشت طی شده برای حمل پنبه برداشت شده از زمین کشاورزی تا کارخانجات پنبه پاک‌کنی چیزی در حدود ۲۰۰ کیلومتر تخمین زده شده است.

میزان نهاده‌های انرژی برای حمل و نقل MJ/KG 0.21933 بدون اختصاص محاسبه شده است. این عدد با محاسبه اختصاص مبتنی بر جرم MJ/KG 0.08733 و با اختصاص مبتنی بر اقتصاد MJ/KG 0.190725 است که منجر به انتشار معادل ۱ کیلوگرم دی‌اکسید کربن برای هر یک کیلوگرم نخ پنبه ($\text{KG CO}_2\text{EQ/KG}$) می‌شود.

بررسی داده‌ها در این بخش نشان می‌دهد که میزان انتشار در بخش حمل و نقل از زمین کشاورزی تا کارخانه، معادل انتشار 0.015083 کیلوگرم بدون اختصاص، 0.0060 کیلوگرم با استفاده از روش اختصاص مبتنی بر جرم و 0.013115 کیلوگرم با روش اختصاص مبتنی بر اقتصاد، دی‌اکسید کربن برای هر کیلوگرم

است. حمل و نقل کاری و محلی کارکنان نیز در محاسبات لحاظ شده است. میزان نهاده‌های انرژی در مرحله حمل و نقل MJ/KG 107894 به دست آمد که بخش عمده آن، MJ/KG 10709 مربوط به حمل و نقل مواد اولیه است. بررسی میزان انتشار نشان می‌دهد که میزان انتشار در بخش حمل و نقل مواد اولیه و کارکنان کارخانه ریسندگی $\text{CO}_2\text{EQ/KG}$ 0.1425 است. در این محاسبات حمل و نقل هوایی و ریلی لحاظ نشده است.

بررسی انرژی و میزان انتشار بخش ریسندگی برای محاسبه مقادیر مربوط به ارزیابی چرخه عمر در فرآیند ریسندگی پنبه، تنها انرژی الکتریکی در نظر گرفته شده و می‌توان از انرژی لازم برای تعمیر و نگهداری ماشین و نیز تولید آن چشم‌پوشی کرد. کل میزان مصرف انرژی الکتریکی MJ/KG 8084 است که 97.7% درصد آن از شبکه برق و 2.3% درصد آن از ژنراتور دیزلی تامین می‌شود. شکل ۵، توزیع درصد مصرف برق را در مراحل مختلف ریسندگی در داخل کارخانه نشان می‌دهد.

44% درصد از این انرژی در مرحله ریسندگی، شامل ریسندگی رینگ (حلقه‌ای) و ریسندگی روتور (چرخشی) و 16% درصد از آن در مرحله پیش از کشش (آماده‌سازی)، چندلاکنی و شانه‌زنی مصرف می‌شود. این اعداد نشان می‌دهند که بیشترین میزان برق در مرحله ریسندگی مصرف می‌شود. مرطوب‌سازی و تهویه نیز 16% درصد از انرژی را

نخ پنبه ($\text{KG CO}_2\text{EQ/KG}$) است.

بررسی میزان انرژی و انتشار کربن در بخش پنبه پاک‌کنی

می‌دانیم که تا 60 تا 70 درصد دانه پنبه حین پنبه پاک‌کنی از پنبه‌دانه قابل استحصال است. میانگین نهاده‌های انرژی مورد نیاز در مرحله پنبه پاک‌کنی برای هر واحد عملیاتی محاسبه شده است. مطابق این محاسبات، میزان نیروی انسانی مورد نیاز برای انجام فرآیند MAN H/KG 0.002 (نفر ساعت بر کیلوگرم) است.

میزان انرژی الکتریکی مورد نیاز برای انجام فرآیند برای یک کیلوگرم نخ MJ/KG 0.5863 است. میزان گازهای گلخانه‌ای منتشر شده بر مبنای انرژی الکتریکی مصرفی در بخش پنبه پاک‌کنی، $\text{CO}_2\text{EQ/KG}$ 0.131025 (کیلوگرم کربن دی‌اکسید برای یک کیلوگرم نخ پنبه) به دست آمده است. فاکتورهای ملی هند برای انتشار در این بررسی لحاظ شده‌اند.

بررسی انرژی و میزان انتشار بخش انتقال به کارخانه ریسندگی

داده‌های مربوط به بخش حمل و نقل از طریق ارتباط با کارکنان شرکت در ناحیه اوتاراکنند در بازه‌های زمانی سال‌های $2012-2015$ به دست آمده است. برای این مرحله، حمل و نقل پنبه پاک شده، دوک‌های پلاستیکی و مقوایی و بسته بندی مواد مانند کیسه‌های پلی اتیلنی سبک، کیسه‌های پلی اتیلنی سنگین و کارتن‌های مقوایی لحاظ شده

*اصلاح عملکرد ماشین آلات یا به روزرسانی فناوری

*بهبود عملکرد موتور دستگاه‌ها به عنوان عامل اصلی ذخیره انرژی

*استفاده از دمنده‌های کارآمدتر برای افزایش ظرفیت هوادهی

در مطالعات انجام شده مشخص شد که پایداری مرحله کشت می‌تواند با استفاده از شیوه‌های بهتر و بروزتر مدیریت کشت مانند آبیاری قطره‌ای و استفاده از کشاورزی زیستی برای کم کردن اثرات کلی بهبود یابد.

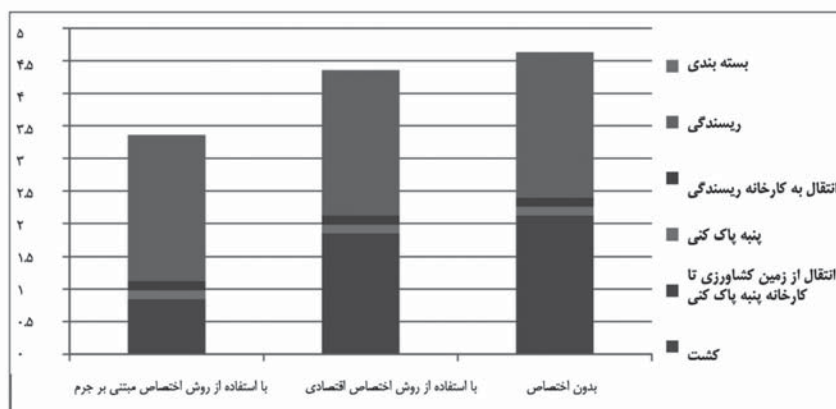
کاهش استفاده از کودهای آلی می‌تواند به طرز چشمگیری میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را کنترل کند.

چشم‌انداز بازاریابی انرژی از ضایعات پنبه پاک‌کنی می‌تواند کاهش قابل توجه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی داشته باشد. تقریباً نیمی از نیازهای حرارتی کارخانه‌ها می‌تواند توسط یک واحد زیست انرژی در داخل آن کارخانه تأمین شود. می‌توان با تأمین مواد اولیه از تأمین‌کنندگان مجاور و استفاده از وسایل نقلیه بزرگتر برای کاهش دفعات حمل، از سهم مرحله حمل و نقل در میزان انتشار کاست. اتفاق نظری کلی در جامعه علمی وجود دارد که به دلیل طبیعی بودن الیاف پنبه، این الیاف گزینه بهتری برای استفاده در منسوجات هستند. از این رو نیاز به اطلاعات دقیق‌تر و جزئیات بیشتر در مورد انرژی و میزان انتشار نخ پنبه حس می‌شود.

اولین مطالعه انجام شده در زمینه چرخه عمر مسیرهای محصولات/ فرآیندهای نساجی هند است.

انتظار می‌رود تا یافته‌های به دست آمده از این مطالعه از طریق تمرکز بر مراحل که تاثیر بیشتری بر روی میزان انتشار در فرآیند تولید نخ پنبه دارند، زنجیره تأمین را بهبود بخشند و به بهبود تصمیم‌گیری در فرآیندهای تولید منسوجات کمک کنند.

افزون بر این، این پژوهش می‌تواند به ارائه معیار و نمونه‌ای نیز برای مقایسه نخ پنبه با دیگر نخ‌ها کمک کند.



شکل ۶- توزیع برق در بخش‌های مختلف مراحل چرخه عمر فرآیند تولید نخ پنبه

مورد استفاده در بسته بندی در این محاسبه در نظر گرفته نشده‌اند.

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در بررسی چرخه عمر تولید نخ پنبه بر مبنای روش اختصاص مبتنی بر جرم، بیشترین مقدار چرخه عمر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای نخ پنبه در مرحله ریسندگی است، پس از آن بیشترین مقدار مربوط به بخش کشت پنبه و سپس به ترتیب مراحل پنبه پاک‌کنی، حمل و نقل به کارخانه ریسندگی مراحل موثرتر هستند.

بررسی چرخه عمر تولید نخ پنبه نشان می‌دهد که تولیدکنندگان برای کاهش میزان کلی انتشار برای تولید نخ پنبه باید تمرکز بیشتری بر روی مراحل ریسندگی و کشت بگذارند. آنها می‌توانند رد پای کربن در مرحله ریسندگی از طریق اقدامات زیر کاهش دهند:

- *استفاده از کنتورهای الکتریکی برای تعیین میزان بهینه مصرف برق براساس خروجی دستگاه
- *بهره‌برداری از گرمای اتلافی ژنراتورهای دیزلی به منظور کاهش آلودگی هوا و آلودگی حرارتی (گرمای تولید شده) با کاهش آزادسازی/خروج گازهای دودکش در دمای بالا
- *نصب سیستم برق خورشیدی برای تأمین بخشی از بار مصرفی حین ساعات اوج مصرف یا در طول روز
- *بهبود شاخص کارایی کلی تجهیزات ماشین آلات بر مبنای زمان چرخه ایده‌آل

مصرف می‌کند. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، ناشی از مصرف برق شبکه برق و ژنراتور دیزلی است. بررسی داده‌های این بخش نشان می‌دهد که سهم برق مصرفی از شبکه برق در میان انتشار دیزل برای تولید برق، $2,137 \text{ KGCO}_2\text{EQ/KG KGCO}_2\text{EQ/KG}$ و سهم انتشار احتراق دیزل هر کیلوگرم نخ پنبه است. بررسی میزان انتشار مشخص می‌کند که در مرحله ریسندگی معادل $2,272 \text{ KG CO}_2\text{EQ/KG}$ برای هر کیلو نخ پنبه گازهای گلخانه‌ای منتشر می‌شوند.

بررسی انرژی و میزان انتشار مرحله بسته‌بندی
میزان کل نهاده‌های انرژی در بخش بسته‌بندی 0.1549 MJ/KG برای هر کیلوگرم نخ پنبه تولیدی به دست آمده است.

بیشترین سهم به ترتیب مربوط به کارتن‌های مقوایی 0.1432 MJ/KG ، کیسه‌های پلی اتیلن سنگین 0.0075 MJ/KG ، دوک‌های مقوایی 0.0038 MJ/KG و مواد بسته بندی از جنس پلی اتیلن سبک 0.0002 MJ/KG است.

بررسی میزان انرژی و انتشار برای مواد مورد استفاده برای بسته‌بندی مشخص می‌کند که این مرحله سهمی به میزان $0.0075 \text{ EQ/KG CO}_2$ تولید کربن برای هر کیلو نخ پنبه و کارتن‌های مقوایی بالاترین سهم را در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند. استفاده دوباره و بازیافت موارد