DOI: 10.22059/ijbse.2018.245462.665005 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص ۶۰۸-۵۹۷)

# Life Cycle Assessment of the Sugar Industry: A Case Study of Amir Kabir Sugar Cane Industry

**FATEMEH MARASHI [1*], NEMATOLLAH JAFARZADEH HAGHIGHIFARD[2], NEMATOLLAH KHORASANI[3], SEYYED MASOUD MONAROUEI[4]**

1. Ph.D. Student, Department of Environment and Energy, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Environmental Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences,Ahvaz, Iran
3. Professor, Department of Forestry, University of Tehran, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environmental Assessment and Environmental Assessment, Department of Environmental Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: Nov. 23, 2017- Revised: May. 28, 2018- Accepted: July. 2, 2018)

## ABSTRACT

Nowadays, the importance of protecting the environment is obvious, so any action and implementation of any program requires sufficient knowledge of the environment. One way of preserving natural resources and achieving sustainable development, especially sustainable agriculture, is to assess the environmental impacts of the production process of agricultural products through the life cycle assessment. In this study, this method was used to evaluate the environmental impacts of classes of effects based on the ISO standard. The results showed in the production of sugarcane, the classes of effects release to the environment were as following: eutrophication 4.6 kg$PO^{4\,---}$ equivalent, acidification 21.94 kg$SO_2$, and global warming 1701.76 kg equivalent to carbon dioxide, abiotic depletion 0.000087 kg Sb eq, and ozone layer depletion 28 mgCFC. Accordingly, electricity and burning have the highest share per tons of sugar.

**Key words:** Sugarcane, Global warming, Acidification, Khuzestan

* Corresponding Author's Email: drmarashi1396@gmail.com

# ارزیابی چرخه حیات صنعت شکر: مطالعه موردی کشت و صنعت امیرکبیر

**فاطمه مرعشی[1*]، نعمت اله جعفرزاده حقیقی فرد[2] ، نعمت الله خراسانی[3]، سید مسعود منوری[4]**

۱. دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استاد، گروه بهداشت محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

۳. استاد، گروه جنگلداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴. استادیار، گروه ارزیابی و آمایش محیط زیست و طراحی واحد علوم و تحقیقات محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۲/ ۹/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۷/ ۳/ ۱۳۹۷- تاریخ تصویب: ۱۱/ ۴/ ۱۳۹۷)

## چکیده

در جوامع امروزی اهمیت حفاظت از محیط زیست امری بدیهی است ، بنابراین اقدام و اجرای هرگونه برنامه به دانش کافی و شناخت لازم از محیط زیست نیاز دارد. یکی از راه‌های حفظ منابع طبیعی و دست یافتن به توسعه پایدار و به ویژه کشاورزی پایدار، ارزیابی اثرات زیست محیطی فرایند تولید محصولات کشاورزی از طریق روش ارزیابی چرخه حیات یک محصول می‌باشد. در این مطالعه، از این روش برای ارزیابی اثرات زیست محیطی طبقات آثار بر اساس استاندارد ایزو استفاده شد . نتایج نشان داد که در تولید نیشکر، طبقه اثرهای یوتریفیکاسیون ۴/۶ کیلوگرم فسفات، اسیدی شدن ۲۱/۹۴ کیلوگرم دی اکسید گوگرد، گرمایش جهانی ۱۷۰۱/۷۶ کیلوگرم دی اکسید کربن، تخلیه غیرزیستی ۰/۰۰۰۰۸۷کیلوگرم آنتیموان و تخلیه لایه اُزون ۲۸ میلی‌گرم CFC به محیط منتشر می‌سازند که بر این اساس، الکتریسته و سوزاندن بقایای گیاهی بیشترین سهم را به ازای یک تن شکر به خود اختصاص داده اند.

**واژه‌های کلیدی:** نیشکر، گرمایش جهانی، اسیدی شدن، خوزستان.

## مقدمه

در سال‌های اخیر، پایداری سیستم‌های غذا توجه سیاست‌گذاران را به خود جلب نموده است (Garnett, 2014; Ericksen, 2008). چالش‌های درونی افزایش تولید غذا و کاهش استفاده از منابع و اثرات محیط‌زیستی محصولات غذایی پیش روی سیاست‌گذاران قرار دارد (Soussana, 2014). به نحوی که نظام تولید غذا (شامل تولید کشاورزی، فرآوری صنعتی، انبارداری، توزیع و استفاده) در حدود ۲۰ تا ۳۵ درصد کل مصرف انرژی دنیا را به خود اختصاص می‌دهد (Sanjuan *et al.*, 2014; Hertwich and Peters, 2009). از این رو ۲۰ تا ۳۰ درصد اثرات محیطی در دنیا مربوط به تولید غذا می‌شود (Tukker and Jansen, 2006). به واسطه افزایش جمعیت و نیز افزایش تقاضا برای غذا، گذار به نظام تولید کشاورزی و غذای پایدار امری ضروری است. مطالعات متعدد نیاز به افزایش تلاش برای درک تعاملات محیط‌زیستی فعالیت‌های تولید غذا را به اثبات رسانده‌اند (Garnett, 2014; Soussana, 2014; Ericksen, 2008). این تعاملات محیط‌زیستی که از منظر زمانی و مکانی در چند سطح اتفاق می‌اُفتند، باید بر رویکردهای بین‌رشته‌ای و استفاده از ترکیب دیدگاه‌ها (از نظر کارایی تولید، تغییر مصرف و غیره) تأکید نمایند تا بتوانند تعاملات محیط‌زیستی بین و میان فعالیت‌های تولید غذا را مورد سنجش و ارزیابی قرار دهند. مطالعات موردی که این تجزیه و تحلیل‌های نظام را به کار می‌گیرند می‌توانند در تعیین این تعاملات نقش سازنده‌ای داشته باشند.

سازمان جهانی استاندارد، استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ را به عنوان چارچوبی برای مدیریت پایدار سیستم‌های تولید کشاورزی ارائه کرده است. بر اساس این استاندارد، ارزیابی چرخه حیات در بردارنده ارزیابی نهاده‌های ورودی و خروجی-های سیستم تولیدی است و اثرات بالقوه مربوط به آن را در طی چرخه حیات محصول مورد سنجش قرار می‌دهد. چنین اطلاعاتی در خصوص اثرات محیط‌زیستی چرخه حیات محصولات مختلف، در حال حاضر در سطح دنیا کمک بسیار زیادی به تصمیم‌سازان امر می‌کند (ISO 14040, 2006). مطالعات مختلفی در ایران در خصوص ارزیابی چرخه حیات برای تشخیص نقاط داغ محیط‌زیستی تولید محصولات کشاورزی انجام شده است. به عنوان مثال در ارزیابی چرخه

* نویسنده مسئول: drmarashi1396@gmail.com

زندگی تولید کلزا در استان مازندران و تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی، نهاده‌های نیتروژن و سوخت دیزل مهمترین نهاده‌های مصرف کننده انرژی بودند. همچینن تحلیل و بررسی شاخص‌های زیست محیطی نشان داد که بیشترین میزان آلایندگی مرتبط با سه شاخص مواد غیرآلی تنفسی، گرم شدن کره زمین، و مصرف انرژی تجدیدناپذیر است (Mousavi avval *et al.*, 2015). در مطالعه جریان انرژی و اثرات زیست محیطی تولید گلخانه‌ای گیاهان داروئی با رویکرد ارزیابی چرخه حیات، تأمین گرمایش و سازه گلخانه بیش از ۹۰ درصد انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است (Khanali & Hosseinzadeh Bndbafha, 2017).

در بررسی اثرات محیطزیستی نظام‌های تولید آبی و دیم گندم در ایران با استفاده از ارزیابی چرخه حیات، بیشترین و کمترین اثرات محیطزیستی در بوم نظام تولید گندم آبی به ترتیب برای گروه‌های تاثیر گرمایش جهانی و یوتریفیکاسیون بوم نظام آبی بدست آمد. در حالی که در نظام تولید گندم دیم این گروه‌های تاثیر مربوط به یوتریفیکاسیون آبی و اسیدی شدن بود. این محققان دامنه شاخص محیطزیستی نظام‌های تولید گندم آبی و دیم را به ترتیب ۰/۵۵-۰/۴۷ و ۰/۴۳-۰/۳۴ به ازای یک تن دانه برآورد نمودند (Khorramdel *et al.*, 2014). در ارزیابی چرخه حیات بیشترین سهم نظام تولیدی ذرت دانه‌ای برای طبقه اثر اسیدی شدن (۲/۵۹) و تغییر اقلیم (۰/۶۱) حاصل شد (Khorramdel *et al.*, 2012). در ارزیابی چرخه حیات چغندرقند اثر تخلیه منابع آبی بیشتر از سایر اثرات به محیطزیست آسیب می‌رساند (Mirhaji *et al.*, 2016). در ارزیابی اثرات محیطزیستی تولید غلات در استان خراسان با استفاده از ارزیابی چرخه حیات، با افزایش مصرف نیتروژن، این اثرات محیطزیستی نیز افزایش می‌یابند (Fallahpour *et al.*, 2012). در حال حاضر۹۷/۶۹ درصد از اراضی زیر کشت نیشکر کشور در استان خوزستان قرار دارد و با توجه به اینکه از کل نیاز کشور به شکر به مقدار۲,۱۰۰,۰۰۰ تن است که از این مقدار ۱,۴۰۰,۰۰۰ تن آن در داخل کشور تولید و تامین می‌شود و کشت و صنعت‌های هفتگانه استان خوزستان ۵۰ درصد از این مقدار را تولید و به بازار وارد می‌کنند از آنجایی‌که درک پیچیدگی‌های تعاملات محیطزیستی تولید محصولات خوراکی نیازمند به کارگیری روش‌های جدید و کارآمد است و ارزیابی چرخه حیات محصولات غذایی حوزه جدیدی در سیستم‌های تولید صنعتی به شمار می‌رود و نیز با توجه به اهمیت ارزیابی وضعیت محیطزیستی نظام‌های تولید نیشکر و اینکه تاکنون نتایج منتشر شده‌ای در ارتباط با این صنعت در کشور وجود ندارد ، لذا این مطالعه به ارزیابی چرخه حیات تولید شکر در استان خوزستان پرداخته است. از سویی واحد مورد مطالعه یکی از واحدهای هفتگانه استان خوزستان است و شش واحد دیگر کشت و صنعت نیشکر دیگر استان خوزستان از خط‌مشی واحدی در مجموعه مدیریتی کشت و صنعت نیشکر تبعیت و در خطوط تولید همانند ، داده های یکسامی دارند، بنابراین الگوی ارزیابی چرخه حیات انجام شده و نتایج بدست آمده حاصل از آن، قابلیت تعمیم و بهره‌برداری در دیگر کشت و صنعت‌ها را داشته و علاوه بر اینکه می‌تواند سهم کل کشت و صنعت هفتگانه را در استان در گروه‌های تاثیر نمایان سازد، همچنین می‌تواند راهکارهایی برای رفع مخاطرات زیست محیطی این پروژه وسیع ارائه نموده و اثرات زیست محیطی را به میزان قابل توجهی در نقاط آسیب کاهش دهد. بر همین اساس مطالعه حاضر به دنبال پاسخگویی به سؤالات زیر است.

-کدام فرایندهای واحد[1] در تولید شکر دارای اثرات معنی‌دار محیطزیستی هستند؟

- چه راهکارهایی برای کاهش اثرات محیطزیستی تولید شکر در شرایط استان خوزستان وجود دارد؟

## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، پنج طبقه اثر محیطزیستی شامل یوتریفیکاسیون، اسیدی شدن، گرمایش جهانی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و تخلیه لایه ازون مطابق با استاندارد ایزو مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات مورد نیاز واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر بر مبنای میانگین نهاده‌های مصرفی، طی سال ۱۳۹۴ با مراجعه حضوری به مزارع از طریق مصاحبه و سپس بررسی مستندات جمع‌آوری گردید و کلیه نهاده‌های آلی و شیمیایی در فرایند تولید شکر از ساقه نیشکر بدست آمد. میانگین مصرف نهاده‌ها و خروجی فرایند تولید شکر در جدول ۱ نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز این مطالعه ورودی‌های چرخه هستند که از بخش‌های اصلی کشاورزی و صنعت و زیربخش‌های مرتبط برداشت شده‌اند. میزان خروجی‌ها به محیط بر اساس ضرایب انتشار حاصل شد. ارزیابی اثرات چرخه حیات با استفاده از CML 2000 انجام گردید و سپس تجزیه و تحلیل اثرات محیطزیستی با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو ۸ انجام گرفت.

### محدوده مورد مطالعه

شرکت کشت و صنعت امیرکبیر یکی از هفت واحد کشت نیشکر

1. unit processes

متعلق به شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان است. پنج واحد از واحدهای هفتگانه مذکور در جنوب اهواز و یک واحد در شمال آن و واحد دیگر درمنطقه شعیبیه واقع شده است. از پنج واحد جنوب اهواز، دو واحد در ساحل غربی رودخانه کارون وسه واحد در ساحل شرقی آن قرار گرفته است. شرکت کشت و صنعت امیرکبیر یکی از واحدهای دوگانه ساحل غربی رودخانه کارون در مسیر جاده مواصلاتی اهواز به خرمشهر می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه با مساحت ۱۵۰۰۰ هکتار، در۴۵ کیلومتری جنوب غرب جاده اهواز– خرمشهر واقع شده است. این منطقه در حوزه تقسیمات محدوده مصوب شهرستان اهواز است که از شمال به روستاهای ملیحان و تختیه و از جنوب به جاده قدیم اهواز خرمشهر و راه‌آهن سراسری موجود در منطقه محدود می‌باشد. واحد مورد بررسی در موقعیت جغرافیایی ۱۲ و ۴۸ درجه تا ۲۱ و ۴۸ طول شرقی و ۴۵ و ۳۰ درجه تا ۵۶ و ۳۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است.

**گیاه زراعی نیشکر**

گیاه نیشکر با نام علمی ساخاروم از گراس‌های بلند متعلق به خانواده پواسه و بومی مناطق معتدل تا گرمسیر است. این گیاه در صورت رشد کافی به ارتفاع ۲ تا ۶ متر می‌رسد و ساقه آن نسبتاً سخت و فیبری شده که غنی از قند می‌باشد. نیشکر در سلسله گیاهی، بیشترین بازده را در فرایند فتوسنتز دارا بوده و بازده آن در تبدیل انرژی خورشید به مواد آلی تا دو درصد می‌رسد. در کشور ایران از نیشکر به منظور تولید شکر استفاده می‌شود. در کشورهایی مانند هند، پاکستان، مکزیک، برزیل و دیگر کشورهای نیشکرخیز از این گیاه به صورت دو منظوره (تولید شکر و علوفه) استفاده می‌شود (Igbal, 2014). نیشکر گیاهی چند ساله است که در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای عملکرد تولید بالاتری دارد.

**ارزیابی چرخه حیات [1](LCA)**

بر اساس دستورالعمل ISO 14040 برای اجرای ارزیابی چرخه حیات یک محصول یا فعالیت چهار مرحله شامل: تعیین هدف و حوزه عمل، سیاهه‌برداری و مرز سیستم، ارزیابی تأثیر چرخه حیات و تفسیر نتایج در یک مطالعه ارزیابی چرخه حیات به شرح زیر وجود دارد:

**الف) مرحله تعریف هدف و حوزه عمل (محدوده)**

هدف این پژوهش ارزیابی اثرات محیطزیستی تولید یک تن شکر از گیاه نیشکر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر استان خوزستان است. در طی این ارزیابی میزان انتشار آلاینده‌ها (در قالب گروه‌های اثر پنج گانه روش (CML 2000) در طی استحصال شکر از نیشکر در بخش صنعت برآورد شده و در راستای کاهش اثرات محیطزیستی تولید یک تن شکر راهکارهایی ارائه می‌گردد. علاوه بر موارد گفته شده، شناسایی فرصت‌ها به منظور بهبود عملکرد محیطزیستی تولید شکر در نقاط مختلف چرخه حیات، آگاهی دادن به تصمیم‌گیرندگان در بخش صنعت، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی به منظور برنامه‌ریزی راهبردی، اولویت‌بندی، طراحی و یا طراحی مجدد محصول و یا فرایندها، انتخاب شاخص‌های مرتبط با عملکرد محیطزیستی، از جمله فنون اندازه‌گیری از دیگر اهداف این مطالعه است. هدف ارزیابی چرخه حیات در این مطالعه اجرای تجزیه و تحلیل سیاهه و تفسیر نتایج است. این مطالعه دو روش معرفی شده یعنی مطالعه ارزیابی چرخه حیات و مطالعه سیاهه چرخه حیات در استاندارد ایزو ۱۴۰۴۴ را در بر می‌گیرد. به طور کلی، اطلاعات توسعه یافته در ارزیابی چرخه حیات یا مطالعه سیاهه چرخه حیات، می‌تواند به عنوان قسمتی از فرایند جامع تصمیم‌گیری، مورد استفاده قرار گیرد.

**ب) سیاهه‌برداری و مرز سیستم**

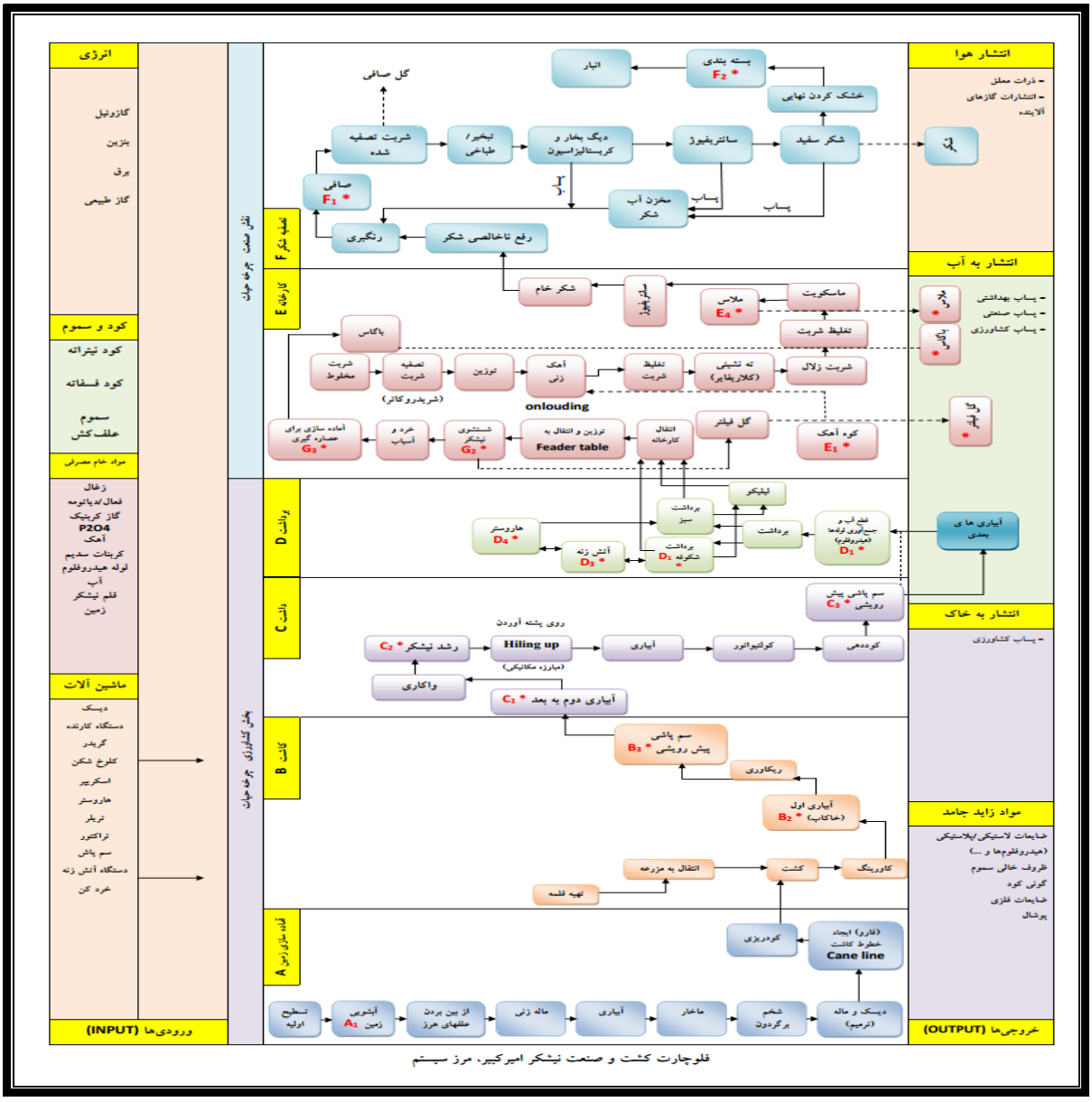
سیاهه‌برداری چرخه حیات در بخش صنعت بر اساس پیش‌فرض‌های تعریف شده در مطالعه انجام شده است. جزئیات سیاهه‌برداری چرخه حیات تولید شکر در بخش صنعت در جدول ۱ نشان داده شده است. فرایندهای این بخش شامل تولید شکر خام، تصفیه شکر، فرایند کوره آهک، استفاده از سوخت و برق و حمل ونقل می‌شود. در این تحقیق، واحد کارکردی یک تن شکر در نظر گرفته شد. واحد کارکردی، کمی‌سازی عملکرد یک سیستم محصول برای استفاده از آن به عنوان واحد مرجع است، به این معنی که نتایج ارائه شده در بخش سنجش اثر مختص واحد کارکردی تعریف شده است و می‌تواند مقیاس آن بر اساس عملکرد تولیدی و یا خدماتی سیستم مورد مطالعه تعیین شود. در مطالعه حاضر دامنه ارزیابی چرخه حیات تولید یک تن شکر، به نحوی تعریف شد که به وضوح کارکرد (ویژگی‌های عملکرد) سیستم مورد مطالعه را مشخص کند. واحد کارکردی در این مطالعه (یعنی تولید یک تن شکر) با هدف و دامنه مطالعه سازگار است. چرا که هدف اصلی واحد کارکردی، فراهم کردن یک مرجع است که در آن داده‌های درونداد و برونداد (در مفهوم ریاضی) نرمالیزه شده باشد.

1. Life Cycle Assessment

**جدول ۱. سیاهه برداری چرخه حیات تولید یک تن شکر در واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر**

| | ورودی ها | واحد | به ازای یک تن شکر خام |
|---|---|---|---|
| مواد اولیه | نی (ساقه نیشکر ) | kg | ۷۴۰۷۹/۵۲۵ |
| | آب | $M^3$ | ۲۲/۶۴۸ |
| | کاستیک سودا | tone | ۰/۰۰۱ |
| مواد مصرفی | کربنات سدیم | tone | ۰/۰۰۳ |
| | تریپل سوپرفسفات | kg | ۰/۵۵۳ |
| | ضدچسب | l | ۰/۰۷۲ |
| | سنگ آهک | tone | ۰/۰۹۰ |
| | هیپوکلیریت کلسیم | kg | ۰/۴۶۶ |
| | ضدرسوب | kg | ۰/۰۲۵ |
| | ضدباکتری | kg | ۰/۰۰۴ |
| | گوگرد | kg | ۰/۳۶۶ |
| | کربن فعال | kg | ۰/۲۲۷ |
| | سولفات آلومینیوم | kg | ۱/۴۸۷ |
| | کمک منعقد کننده | kg | ۴/۴۰۰ |
| | اسید سیتریک | kg | ۰/۰۱۵ |
| | هیدرازین | kg | ۰/۰۱۱ |
| | تری سدیم فسفات | kg | ۰/۲۶۹ |
| | برق | kwh | ۶/۷۳۹ |
| انرژی | گازوئیل | lit | ۲/۹۱۲ |
| | بنزین / نفت کوره | lit | ۰ |
| | گاز طبیعی | $M^3$ | ۹۴۴/۹۳۰ |
| | خروجی ها | واحد | به ازای یک تن شکر خام |
| | شکر سفید | tone | -- |
| | شکر خام | tone | -- |
| | گل فیلتر | tone | ۰/۴۲۳ |
| | گل صافی | tone | ۰/۰۶۶ |
| | ملاس | tone | ۰/۴۵۳ |
| | باگاس | tone | ۳/۰۵۲ |
| | کمپوست | tone | ۰/۸۰۹ |
| | لجن تصفیه خانه صنعتی | $M^3$ | ۰/۰۰۳ |
| پسماند/ پساب | لجن تصفیه خانه بهداشتی | $M^3$ | ۰/۰۰۰۸ |
| | لجن تصفیه خانه آب صنعتی | $M^3$ | ۰/۲۹۴ |
| | فاضلاب صنعتی | $M^3$ | ۱/۹۵۷ |
| | فاضلاب انسانی | $M^3$ | ۱/۲۱۴ |
| | روغن ضایعاتی پخت آهک | Lit | ۰/۳۵۰ |
| | COD | kg | ۱۹/۱ |
| انتشارات به آب | BOD | kg | ۶/۳ |
| | TSS | kg | ۱۳/۱ |
| | $PO_4^{3-}$ | kg | ۰/۳۷ |
| | O&G | kg | ۰/۱ |
| | TSP | kg | ۱/۷ |
| انتشارات به هوا | $SO_2$ | kg | ۱/۲۱ |
| | $NO_X$ | kg | ۱/۲۶ |
| | VOC | kg | ۰/۶۵ |
| | $CH_4$ | kg | ۰/۰۰۲ |
| | $N_2O$ | kg | ۰/۲۶ |

با توجه به اینکه شکر در واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر خوزستان طی فرایندهای کشت و صنعت نیشکر بدست می‌آید، محدوده LCA شامل کلیه عملیات‌های فرایندهای صنعتی تولید یک تن شکر است؛ به عبارتی مرز سیستم مطالعه تولید شکر در بخش صنعتی را در بر می‌گیرد. در این مرحله نهاده‌ها، پسماندها و آلاینده‌های انتشاریافته ناشی از تولید نیشکر تعیین و برحسب واحد کارکردی در مطالعه به کار گرفته شد. سیاهه‌برداری بخش صنعت شامل تمام ورودی‌ها و خروجی‌هایی است که به طور مستقیم در فرایند تولید یک تن شکر از زمان ورود نیشکر به کارخانه تا زمان تولید یک تن شکر را تحت پوشش خود قرار می‌دهد (شکل ۱).




شکل ۱. مرز سیستم مطالعه چرخه حیات کشت و صنعت امیرکبیر

### ج. ارزیابی تاثیر چرخه حیات

به منظور تجزیه و تحلیل کمی نتایج برای هریک از گروه‌های تاثیر، ضریب تاثیر ویژه تعریف شد. ارزیابی اثرات چرخه حیات بر اساس پایگاه داده اکواینونت ۲/۲ انجام شده است. ارزیابی اثرات چرخه حیات در این مطالعه با استفاده از CML 2001 انجام شده است (Centre for Environmental Studies, 2001).

این روش ارزیابی اثرات چرخه حیات میان رده است که به میزان بسیار زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه طبقه اثرهای پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل یوتریفیکاسیون، تخلیه عناصر غیرزیستی و پتانسیل تخلیه لایه ازون است که همگی در پایگاه داده اکواینونت وجود دارد. تمام اثرات محیط‌زیستی با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو ۸

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

**د. تفسیر نتایج**

در آخرین مرحله، اثرات محیط‌زیستی بالقوه تولید نیشکر در واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر محاسبه و راهکارهای پیشنهادی جهت اصلاح نقاط داغ محیط‌زیستی بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعه ارائه می‌شود.

پس از بدست آوردن داده‌ها و تکمیل مرحله سیاهه برداری و سپس وارد کردن آن‌ها در نرم‌افزار SimaPro 8.2، نتایج تحقیق بدست آمد. در این مطالعه بر اساس استاندارد ایزو، در این مطالعه انتخاب طبقه اثرها، طبقه بندی، ویژگی سازی و تجزیه و تحلیل داده ها انجام شد(ISO, 2006). در این بخش نتایج تحقیق در هر طبقه اثر بیان می‌شود و در ادامه آن در مورد هر طبقه اثر بحث می شود (جدول ۲).

## نتایج و بحث

**جدول ۲. نام، واحد و اثرات بالقوه طبقه اثرهای محیط‌زیستی تولید یک تن شکر.**

| طبقه اثر | واحد | فرآوری شکر از نیشکر |
|---|---|---|
| کاهش منابع غیر زنده | kg Sb eq | ۰/۰۰۰۸۷۰۱۷۳ |
| اسیدی شدن | kg $SO_2$ eq | ۲۱/۹۴۹۳۰۱۳۵ |
| مردابی شدن | kg $PO_4^{---}$ eq | ۴/۶۰۴۵۴۲۶۹۸ |
| گرمایش جهانی | kg $CO_2$ eq | ۱۷۰۱/۷۶۵۰۹۹ |
| تخلیه لایه ازون | kg CFC-11 eq | ۰/۰۰۰۲۸۳۶۹۴ |

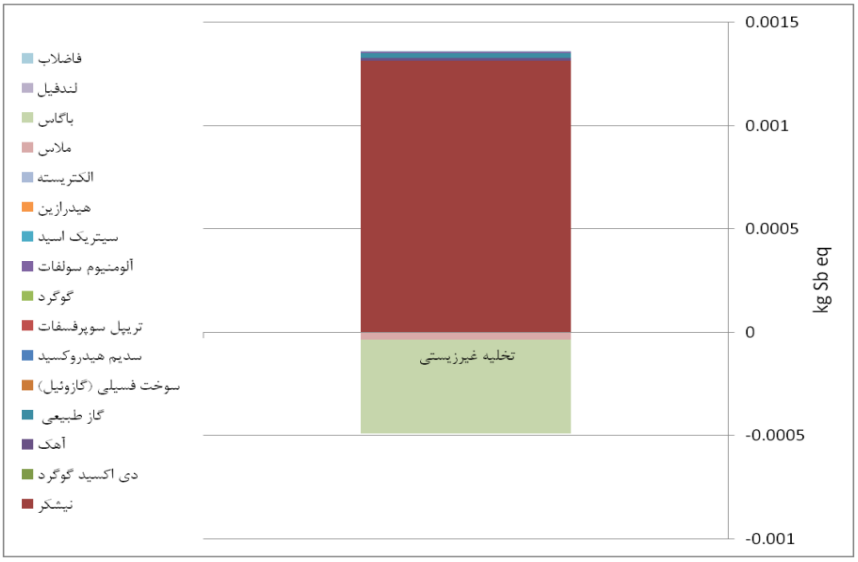
**تخلیه منابع غیر زیستی**

تخلیه منابع غیرزنده مربوط به استفاده از منابع غیرزنده مانند سوخت‌های فسیلی یا مواد معدنی است که دسترسی نسل‌های آینده به این منابع را کاهش می‌دهد.در تحقیقی که توسط خجسته پور و همکاران در سال۱۳۹۳ در استان گلستان بر روی پنبه انجام شد تخلیه منابع غیر زیستس (سوخت های فسیلی) با مقدار ۰/۰۵۷. بیشتریت تاثیر زیست محیطیرا در میان گروههای تاثیر ایجاد کرده است .محققان وجود ماشین های فرسوده و تعداد زیاد عملیات انجام شده را بعنوان دلیل اصلی عنوان نموده اند. در مطالعه دیگری که توسط نیکخواه و همکاران در سال ۱۳۹۴ انجام شد مصرف زیاد سوختهای فسیلی( منابع غیرزیستی) طی فرایند تولید بادام زمینی در استان گیلان نیز بدلیل بهره برداری مکرر از ماشین آلات فرسوده بعنوان یکیاز موثرترین طبقات آثار بررسی شده مطرح شده است. در این مطالعه میزان طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده برای تولید یک تن شکر معادل ۰/۰۰۰۸۷ بدست آمد (شکل ۲). کل فرایند تولید نیشکر بیشترین اثر را در این طبقه اثر داشته‌اند، به نحوی که عملیات‌های کشاورزی ۹۶/۹ درصد را به خود اختصاص داده است. در این طبقه اثر با وجود تولید باگاس در بخش استحصال شکر، ۳۳/۵ درصد منفی در این طبقه اثر مشاهده شده است. در ارزیابی چرخه حیات اثر منفی به این معنی است که محصولات جانبی تولید شده در حین تولید که به مصارف دیگر می‌رسند (مانند استفاده در تولید برق و یا علوفه در کشاورزی) باعث می‌شوند که از مصرف مواد دیگری (برای مثال گاز برای تولید برق در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و علوفه در تعلیف دام) اجتناب شود و همین امر نشان‌دهنده اثر منفی باگاس در این طبقه اثر است. عملیات‌های کاشت و داشت و برداشت دارای مصارف بسیار زیادی سوخت هستند که به واسطه تکنولوژی پایین ادوات کشاورزی در ایران، دارای مصرف بیشتری از وضعیت بهینه هستند؛ این امر باعث شده است که فرایند کشاورزی نیشکر چه در بخش تولید و چه در بخش فرآوری دارای بیشترین سهم باشد.

**پتانسیل گرمایش جهانی**

تاثیر فعالیت‌های کشاورزی در ایجاد گرمایش جهانی عمدتا به علت ورود $CO_2$ ، $CH_4$ و $N_2O$ به اتمسفر است. تولید $CO_2$ مربوط به استفاده از سوخت دیزل و تولید کودهای شیمیایی است. تولید متان به علت تولید و مصرف کود دامی و ورود $N_2O$ به هوا به دلیل تولید و مصرف کودهاست. سهم $N_2O$ در گرمایش جهانی حدود ۶ درصد است که حدود ۸۰ درصد انتشار آن مربوط به کشاورزی بوده و ۵۰ درصد این میزان به علت تولید و استعمال کودها است (Tilman *et al*., 2001; Robertson & Vitousek, 2009). در این مطالعه در بخش استحصال شکر از نیشکر در کارخانه فرآوری، بیشترین تاثیر در گرمایش جهانی را نیشکر ورودی به فرایند به میزان ۱۳۱۲/۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن از آن خود کرده است. از آنجا که مقادیر زیادی گاز طبیعی در فرایند مورد استفاده قرار می‌گیرد، بعد از نیشکر

ورودی بیشترین سهم از این طبقه اثر در بخش فرآوری مربوط به سوختن گاز طبیعی به میزان ۳۰۹/۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن است. انتشارهای مربوط به بخش کشاورزی در مرحله فرآوری ۲۶٪ از کل طبقه اثر است (شکل ۳).



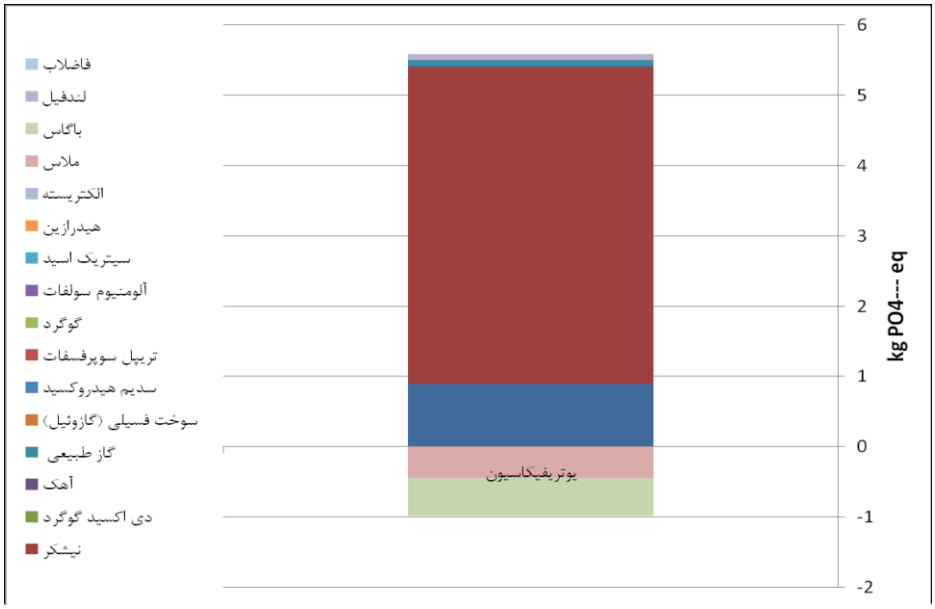

**شکل ۲. مشارکت (سهم) هر کدام از ورودی‌های فرایند تولید یک تن شکر در طبقه اثر تخلیه غیرزیستی**

در این طبقه اثر و در بخش استحصال شکر از نیشکر باگاس و ملاس تولیدی به عنوان محصول جانبی غیرقابل اجتناب در فرایند تولید به حساب آمده و هر کدام به ترتیب سهم ۷۶/۹- و ۷۹/۷- کیلوگرمی معادل دی اکسیدکربن در کاهش اثر گرمایش جهانی فرایند تولید را ایفا کرده‌اند. این اثر منفی در مجموع باعث کمتر نشان دادن اثرات گرمایش جهانی استحصال شکر از نیشکر در بخش صنعت شده است. در مطالعه‌ای که در ایران با واحد کارکردی اقتصادی در خصوص تولید بیواتانول از ملاس نیشکر انجام شد، مشخص شد که الکتریسته با (۵۲٪) و استفاده از کود اوره (۲۳٪) در بخش تولید نیشکر بیشترین تاثیر را در طبقه اثر گرمایش جهانی داشته‌اند. همچنین استفاده از گاز طبیعی با سهم (۸۲٪) نیز در بخش صنعت بیشترین تاثیر را در بخش استحصال شکر از نیشکر داشته است (Farahani & Asoodar, 2017).

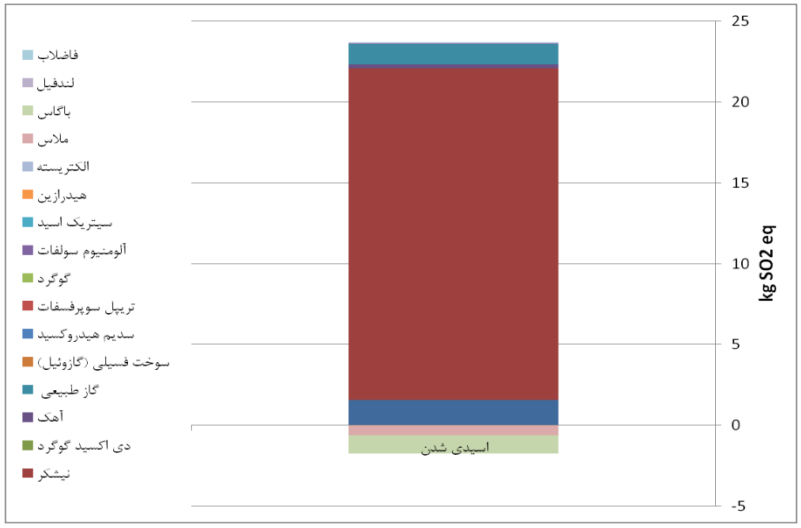
**یوتریفیکاسیون**

پرغذایی (یوتریفیکاسیون)، افزایش ناخواسته در تولید بیوماس اکوسیستم‌های زمینی و آبی به علت ورود عناصر غذایی از جمله فسفات و نیترات است که می‌تواند باعث تغییر در ترکیب گونه-ای رستنی‌ها شود. در شرایط خوزستان تولید یک تن شکر در مرحله کشاورزی و در طبقه اثر پرغذایی یا مردابی شدن، ۵/۲۵ kg $PO_4^{---}$ eq کیلوگرم معادل فسفات به محیط منتشر می‌شود. در پژوهش (Renouf *et al.*, 2010) در مرحله کشت نیشکر، میزان انتشار ترکیبات فسفاته برابر با ۴ کیلوگرم معادل فسفات بوده است که در مطالعه حاضر در بخش کشاورزی ۵/۲ به‌دست آمده است. اختلاف در مقادیر اعلام شده مربوط به روش و فرایند برداشت محصولات، نوع ماشین آلات مورد استفاده و روش انتخاب شده برای انجام مطالعه است. تلفات مستقیم از مزرعه و تولید کود سوپرفسفات تریپل به ترتیب با ۴/۶۳ کیلوگرم معادل فسفات و انتشار مربوط به نی‌ها با ۰/۹۵ کیلوگرم فسفات بیشترین نقش را در طبقه اثر مردابی شدن داشتند و سایر نهاده‌ها تاثیر چندانی در این طبقه اثر برجای نگذاشتند. در شکل ۳، میزان مشارکت هر کدام از ورودی‌ها در طبقه اثر مردابی شدن نشان داده شده است.

در این طبقه اثر و در بخش استحصال شکر از نیشکر، باگاس و ملاس تولیدی به عنوان محصول جانبی غیرقابل اجتناب در فرایند تولید به حساب آمده و هر کدام به ترتیب سهم ۰/۴۴- و ۰/۵۴- کیلوگرمی معادل $PO_4^{---}$ در کاهش اثر یوتریفیکاسیون فرایند تولید ایفا کرده‌اند. این اثر منفی در مجموع باعث کمتر نشان دادن اثرات یوتریفیکاسیون استحصال شکر از نیشکر در بخش صنعت شده است (شکل ۴).




**شکل ۳. مشارکت هر کدام از ورودی‌های فرایند تولید یک تن شکر در طبقه اثر یوتریفیکاسیون**




**شکل ۴. مشارکت (سهم) هر کدام از ورودی‌های فرایند تولید یک تن شکر در طبقه اثر اسیدی شدن**

**پتانسیل اسیدی شدن**

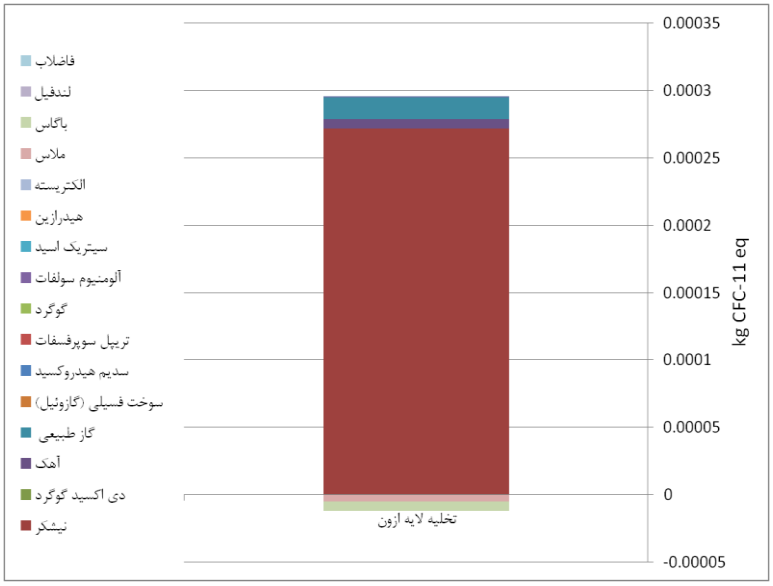
در فرایند تولید شکر از نیشکر، مهمترین عاملان تولید اثراسیدی شدن در بخش کشاورزی نیشکر، الکتریسته و خود فرایند تولید نیشکر (شامل سوختن سوخت‌های فسیلی، سوختن کاه و کلش نیشکر و کوددهی) بوده است. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که به ازای تولید هر تن شکر در بخش استحصال شکر از ساقه نیشکر معادل ۲۱/۹ کیلوگرم $SO_2$، به محیطزیست منتشر می‌شود که دارای اثرات اسیدی شدن می‌باشد. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، در این طبقه اثر و در بخش استحصال شکر از نیشکر باگاس و ملاس تولیدی به عنوان محصول جانبی غیرقابل اجتناب در فرایند تولید به حساب آمده و هر کدام به ترتیب سهم ۱/۱۲- و ۰/۶۱۵۴- کیلوگرمی معادل $SO_2$ در کاهش اثر یوتریفیکاسیون فرایند تولید ایفا کرده‌اند. این اثر منفی در مجموع باعث کمتر نشان دادن اثرات یوتریفیکاسیون استحصال شکر از نیشکر در بخش صنعت شده است. مقایسه نتایج این مطالعه با دیگر مطالعاتی که در زمینه کشت محصولات کشاورزی در ایران و خارج از کشور انجام شده است نشان می‌دهد که تخمین مناسبی از انتشارها انجام شده است. به عنوان مثال در مطالعه ارزیابی چرخه حیات توت فرنگی، پتانسیل اسیدی شدن برای تولید یک تن توت فرنگی معادل ۲٫۶۵ کیلوگرم $SO_2$ بدست آمد (khoshnevisan *et al.*, 2013). در پژوهشی در کشور شیلی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات، میزان اسیدی شدن برای تولید هر تن کلزا و آفتابگردان روغنی به ترتیب معادل ۱۹ و ۲۳ کیلوگرم $SO_2$ تخمین زده شد (Iriarte *et al.*, 2010). کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و عدم سوزاندن کاه و کلش و جایگزینی کودهای ارگانیک به جای

کودهای شیمیایی می‌تواند راه‌حل کاهش اثرات اسیدی بخش کشاورزی تولید شکر باشد. در بخش صنعت از آنجایی که استفاده از سیتریک اسید، گاز طبیعی و خود نیشکر به عنوان اصلی‌ترین ورودی، باعث اثرات اسیدی هستند که بیشترین سهم را ایفا کرده‌اند، لذا کاهش استفاده از این مواد و یا جایگزینی آنها با موادی که خاصیت اسیدی ندارد، می‌تواند راه‌حل بخش صنعت باشد.

**پتانسیل تخلیه لایه ازون**

کلروفوروکربن‌ها مهمترین موادی هستند که دارای خاصیت تخریب لایه اوزون می‌باشند (Guinee *et al*, 2001). تخریب لایه اوزون می‌تواند باعث اثراتی مثل سرطان پوست، ورود خسارت-های مولکولی به مواد، صدمه به گیاهان و حیوانات گردد که به علت افزایش عبور اشعه ماورا بنفش رخ می‌دهد (Bare *et al*., 2011).

در شرایط خوزستان به ازای تولید یک تن شکر، معادل ۲۸ میلی‌گرم در بخش فرآوری آلاینده‌های CFC-11 به ازای تولید هر تن شکر به محیط‌زیست منتشر می‌شود که موجب تخریب لایه اوزون در استراتوسفر می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سوخت دیزل در فرآوری شکر از نیشکر بیشترین سهم را در تولید آلاینده‌های CFC-11 داشته است. در بخش کشاورزی تولید کودهای شیمیایی، الکتریسته و آفت‌کش‌ها در مجموع روی زدودن لایه ازون اثر داشتند. شکل ۵ سهم هر کدام از ورودی‌ها را در طبقه اثر تخریب لایه اوزون نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات دیگر در این زمینه برابری می‌کند. به عنوان مثال در ارزیابی چرخه حیات توت فرنگی در گیلان مشخص شد که تولید سوخت دیزل بیشترین تاثیر را در تخریب لایه اوزون دارد (khoshnevisan *et al*., 2013). همچنین در ارزیابی چرخه حیات کلزا و آفتابگردان در شیلی نشان داده شد که در طبقه اثر زدودن لایه اوزون، تولید سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بیشترین اثر را دارند (Iriarte *et al*., 2010).




**شکل ۵. مشارکت (سهم) هر کدام از ورودی‌های فرایند تولید یک تن شکر در طبقه اثر تخلیه لایه ازون**

## نتیجه‌گیری

در رابطه با انتشارات محیط‌زیستی، می‌توان به این جمع‌بندی رسید که تصمیم‌گیران امر و سیاست‌گذاران می‌بایست تمرکز خود را بر حل مسئله گرمایش جهانی، سمیت برای انسان و تخلیه لایه ازون از برداشت تا فرایندهای شیمیایی فرآوری قرار دهند. صنعت نیشکر سنتی با مشکلات مختلفی در زمینه پسماندها روبرو است، چرا که این پسماندها حاوی مواد شیمیایی است که در طی مراحل آهک‌زنی، سولفاته شدن و فسفات شدن به منظور فرآوری شربت خام و حذف رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صنعت نیشکر، روش‌های سنتی برای حذف موادی مانند ضدچسب‌ها، ضد باکتری‌ها و ... استفاده می-شود. بر همین اساس یک فرایند فراپالایش لازم است تا بتوان شربتی خالص و با کمترین رنگ را در اختیار داشت. صافی‌های پلی‌اترسولفون (5–100 kDa MWCO) (PES) و صافی‌های کاربوسپ (۱۵–۵۰ kDa MWCO) برای کاهش رنگ استفاده می‌شوند تا بتوانند شربت را به خوبی پالایش کنند. بر همین اساس، فرایند پالایش به صورت قابل توجهی مسائل مربوط به آلایندگی صنعت نیشکر را کاهش می‌دهد (Karode *et al*.,

2000). این مواد چون در کل فرایند چرخه حیات نقش اساسی در طبقه اثرهای تعریف شده مطالعه ندارد و به عبارتی در هدف و حوزه تعریف شده برای مطالعه، دفع پسماندها تعریف نشده است و اینکه دفع پسماند جز محدوده مورد مطالعه نیست، بلکه مطالعه در حال ارزیابی یک فرایند میانی است، لذا دفع پسماندهای شامل این صافی‌ها در ارزیابی چرخه حیات لحاظ نشده است.

فرایندهای صنعتی اندکی، یک برونداد واحد فراهم می‌آورند یا مبتنی بر خطی بودن درون دادها و برون دادهای ماده خام می‌باشند. در واقع، اکثر فرایندهای صنعتی بیش از یک محصول بدست می‌دهد و محصولات میانی و یا دفع شده را به عنوان ماده خام بازیافت می‌کنند. با توجه به اینکه تخصیص بخش مهمی از ارزیابی چرخه حیات است، در صنعت شکر، به خاطر داشتن خروجی‌هایی مانند شکر، ملاس و باگاس ضرورت تخصیص را اجتناب ناپذیر می‌سازد. ولی تخصیص باگاس در مطالعات ارزیابی چرخه حیات در نظر گرفته نمی‌شود؛ چرا که آن را برای تولید بخار و الکتریسته مورد استفاده قرار می‌دهد. با این حال در مطالعه حاضر باگاس و ملاس به عنوان محصولات جانبی غیرقابل اجتناب در فرایند ارزیابی لحاظ شده‌اند و اثرات محیط‌زیستی آن‌ها در تمامی طبقات اثر لحاظ شده است. عملاً اگرچه حذف کامل اثرات منفی تولید نیشکر امکان پذیر نیست، اما غالباً می‌توان از شدت و دامنه آنها تا حد بسیار زیادی کاست. چنین اقدامی عبارت از حذف، کاهش و یا کنترل آثار نامطلوب زیست محیطی پروژه‌ها و جبران خسارت ناشی از پیامدهای محیط‌زیستی است که می‌تواند از طریق جابجایی، تجدید، احیای مجدد و جبران خسارت از طریق روش‌های زیر امکانپذیر گردد.

استفاده از سیتریک اسید، گاز طبیعی و خود نیشکر به عنوان اصلی‌ترین ورودی، باعث اثرات اسیدی هستند که بیشترین سهم را ایفا کرده‌اند. کاهش استفاده از این مواد و یا جایگزینی آنها با موادی که خاصیت اسیدی ندارد می‌تواند راه حل کاهش اثرات اسیدی شدن در تولید شکر باشد. بیشترین تاثیر یوتریفیکاسیون مربوط به بخش کشاورزی است که می‌توان با در نظر گرفتن ملاحظات بخش کشاورزی و همچنین استفاده از محصولات جانبی و تصفیه فاضلاب‌های کارخانه این اثرات را به صورت معنی‌داری کاهش داد. بالا بودن پتانسیل گرمایش جهانی در تولید شکر عمدتاً به خاطر مصرف بالای گاز طبیعی است. تولید بخار و انرژی الکتریسته در طول کل فرایند تولید شکر می‌تواند باعث کاهش استفاده از گاز طبیعی و افزایش کارایی مصرف انرژی و کاهش اثرات گرمایش جهانی به ازای واحد کارکردی شود. انتشارهای ناشی از فرایند تولید کودهای شیمیایی، تولید و سوختن سوخت‌های فسیلی در کل فرایند تولید نیشکر (از کاشت نیشکر تا تولید شکر) مهمترین اثرات را در طبقه اثر تخلیه لایه ازون داشته‌اند. اصلاح فرایندهای صنعتی که در آن‌ها مصرف سوخت‌های فسیلی زیاد است، یکی از راهکارهای کاهش اثر تخلیه لایه ازون در فرایند تولید شکر است. در مطالعه حاضر طبقه اثر تخلیه غیرزیستی در بخش کشاورزی و صنعت برای تولید یک تن شکر به ترتیب مربوط به آفت‌کش‌ها و سوخت‌های فسیلی است. از آنجا که در بخش استحصال شکر از نیشکر، کل فرایند تولید نیشکر بیشترین اثر را در این طبقه اثر داشته‌اند، به نحوی که عملیات‌های کشاورزی ۹۶/۹ درصد را به خود اختصاص داده است، بر همین اساس راهکارهای پیشنهادی برای کل فرایند مربوط به بخش کشاورزی می‌شود و راه‌حل آن کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها و سوخت‌های فسیلی و جایگزینی آن‌ها با روش‌های زیستی همچون استفاده از کنترل زیستی آفات و یا کنترل تلفیقی آفات به جای استفاده حداکثری از آفت‌کش‌ها در فرایند تولید نیشکر است.

## REFERENCES


Bare, J. (2011). TRACI 2.0: the tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts 2.0. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *13*(5), 687-696.

Ericksen, P. J. (2008). Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global environmental change*, *18*(1), 234-245.

Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Behbahani, A. G., & Bannayan, M. (2012). The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. *Environment, development and sustainability*, *14*(6), 979-992.

Farahani, S. S., & Asoodar, M. A. (2017). Life cycle environmental impacts of bioethanol production from sugarcane molasses in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(28), 22547-22556.

Garnett, T. (2014). Three perspectives on sustainable food security: efficiency, demand restraint, food system transformation. What role for life cycle assessment?. *Journal of Cleaner Production*, *73*, 10-18.

Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology*, *43*(16), 6414-6420.

Igbal, S. Z., Rabbani, T., Asi, M. R., & Jinap, S. (2014). Assessment of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in breakfast cereals. *Food*

*chemistry*, *157*, 257-262.

International Standard Organization. (1997). ISO 14040: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework.

Iriarte, A., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2010). Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production*, *18*(4), 336-345.

Karode, S. K., Kulkarni, S. S., & Ghorpade, M. S. (2000). Osmotic dehydration coupled reverse osmosis concentration: steady-state model and assessment. *Journal of Membrane Science*, *164*(1), 277-288.

Khanali, M., & Hosseinzadeh Bndbafha, H. (2017). Assessment of the energy flow and environmental impacts of greenhouse production of medicinal plants with life cycle assessment approach- Case study of Aloe vera. Iranian Journal of Biosysteme Engineering 48, no. 3, 361-377.

Khojastehpour, M., Nikkhah, A.& Taheri-Rad, A. (2014). Life cycle assessment of cotton production in Golestan province based on the production of biomass, energy, and monetization. Iranian Journal of Biosystems Engineering 46, no. 2, 95-104

Khorramdel, S. (2012). Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn (Doctoral dissertation, PhD Thesis of ferdows: university of mashhad).

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, R., Amin Ghafori, A., (2014). Evaluation of environmental impacts for wheat agroecosystems of Iran by using life cycle assessment methodology. *Cereal Research*. *4*(1), 27-44. [in Persian].

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., & Mousazadeh, H. (2013). Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. *European journal of Agronomy*, *50*, 29-37.

Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abbaspour-Fard, M., & Shahri, S. M. (2016). Environmental impact study of sugar beet (Beta vulgaris L.) production using life cycle assessment (Case study&58; South Khorasan region). *Būm/shināsī-i kishāvarzī*, *4*(2), 112-120.

Mousavi Avval, S. H., Rafiei, S., Sharifi, M., & Hosseinpour, S.(2015). Energy and environmental life cycle assessment of canola production in Mazandaran province of Iran by applying two different approaches. Iranian Journal of Biosystems Engineering 46, no. 3, 265-274.

Nikkhah, A., Taheri-Rad, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., & Payman, S.H. (2014). Environmental Impacts of Peanut Production in Astaneh Ashrafiyeh of Guilan Province. *Agroecology*, 6(2): 273-282 (In Farsi)

Organización Internacional de Normalización. (2006). ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment, Requirements and Guidelines. ISO.

Renouf, M. A., Wegener, M. K., & Pagan, R. J. (2010). Life cycle assessment of Australian sugarcane production with a focus on sugarcane growing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *15*(9), 927-937.

Robertson, G. P., & Vitousek, P. M. (2009). Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. *Annual review of environment and resources*, *34*, 97-125.

Sanjuan, N., Stoessel, F., & Hellweg, S. (2014). Closing data gaps for LCA of food products: estimating the energy demand of food processing. *Environmental science & technology*, *48*(2), 1132-1140.

Soussana, J. F. (2014). Research priorities for sustainable agri-food systems and life cycle assessment. *Journal of cleaner production*, *73*, 19-23.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., ... & Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, *292*(5515), 281-284.

Tukker, A., & Jansen, B. (2006). Environmental impacts of products: A detailed review of studies. *Journal of Industrial Ecology*, *10*(3), 159-182.

.