# بررسی مصرف انرژی در واحدهای پرورش ماهی در استان آذربایجان‌شرقی

رضا نظری[۱]، مهدی خجسته پور[۲]، محمدرضا بیاتی[۳*]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد reza.parvizoghlu@gmail.com
[۲] دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مکانیک بیوسیستم mkhpour@um.ac.ir
[۳]استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مکانیک بیوسیستم bayati@um.ac.ir

## چکیده

مطالعه حاضر با توجه به اهمیت انرژی و پروتئین ماهی برای سلامت انسان و لزوم مدیریت بهتر انرژی و استفاده مؤثر از آن، در واحدهای پرورش ماهی استان آذربایجان شرقی انجام‌گرفته است. برای این منظور، تعداد ۳۲ واحد پرورش ماهی که از آب چاه برای این منظور استفاده می‌نمودند موردبررسی قرار گرفتند. اطلاعات از طریق پرسش‌نامه و مراجعه مستقیم به مراکز پرورش و مصاحبه حضوری جمع‌آوری گردیده است. در این مطالعه نهاده‌های ورودی الکتریسیته، سوخت و خوراک ماهی به‌تنهایی ۹۹ درصد کل انرژی نهاده‌های ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. از بین این سه نهاده، الکتریسیته با ۸۳ درصد بیش‌ترین سهم را دارد. سوخت نیز که مجموع سه سوخت گازوئیل، بنزین و نفت است با ۹درصد در جایگاه بعدی قرار دارد. میانگین تولید ماهی در استخرهای پرورشی منطقه ۴۲/۰۷ کیلوگرم بر مترمربع است. کل انرژی ورودی، خروجی، نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی به ترتیب برابر ۳۵۱۳/۴۷ مگاژول بر ۱۰۰ مترمربع، ۱۰۷/۱۷ مگاژول بر ۱۰۰ مترمربع ، ۰/۰۳، ۶/۴ کیلوگرم بر مگاژول، ۱۵۵۸۲/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۳۴۰۶/۳۰ – مگاژول بر ۱۰۰ مترمربع به دست آمدند.

**کلمات کلیدی:** انرژی تولید، تولید ماهی قزل آلا، شاخص‌های انرژی

# Investigation of Energy Consumption among Trout Fish Farms in East Azarbaijan Province

**Reza Nazari**, Ferdowsi University of Mashhad, reza.parvizoghlu@gmail.com
**Mehdi Khojastehpour**, Ferdowsi University of Mashhad, mkhpour@um.ac.ir
**Mohammad Reza Bayati**, Ferdowsi University of Mashhad, bayati@um.ac.ir

***ABSTRACT***

The present study was carried out considering the importance of energy and protein of fish for human health and the need for better management of energy and effective use of it in the provinces of East Azerbaijan. For this purpose, 32 fish trout fish farms using well water were used for this purpose. Data were collected through questionnaires and direct referrals to fish farms and interviews. In this study, the inputs of electricity, fuel, and fish had fed alone account for 99% of the total energy inputs. Among these three inputs, electricity with 83% has the highest share. Fuel, involve, gasoline, benzine and petroleum, also with 9% is in the next step. The average production of fish in region is 42.07 (kg / $m^2$). The total input energy, total output energy, energy ratio, energy productivity, specific energy and net energy added were 3513.47 (MJ / 100$m^2$), 107.17 (MJ / 100$m^2$), 0.03, 6.4 (Kg / MJ), 15582.12 (MJ / Kg) and -3406.30 (MJ/100$m^2$) respectively.

**Keywords:** Energy Indices, Production Energy, Trout Production

* نویسنده مسئول: محمد رضا بیاتی، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مکانیک بیوسیستم، تلفن: ۰۵۱۳۸۸۰۵۸۳۵، موبایل: ۰۹۱۵۱۱۹۱۴۴۷، نمابر: 05138807142

## ۱- مقدمه

استفاده مؤثر از انرژی در کشاورزی از پایه‌های مهم در موضوع کشاورزی پایدار محسوب می‌شود(Pervanchon et al., 2002)، زیرا به‌موجب آن، صرفه‌جویی اقتصادی، حفظ سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا حاصل می‌گردد(Heidari et al., 2013 ). ازجمله راه‌های توسعه پایدار در کشاورزی، بررسی و محاسبه ورودی‌ها و هم‌چنین خروجی نهاده‌ها در دستگاه‌های تولید است(Naseri Navab Kazemi and Dashti Aghche, 2010).

یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطرح‌شده در توسعه پایدار کشاورزی در حال حاضر، مقدار انرژی تولیدشده به ازای مقدار انرژی مصرفی است هرچه مقدار انرژی تولیدی محصولی نسبت به انرژی مصرفی آن، رقم بالایی داشته باشد، یا به عبارتی دقیق‌تر، از بهره‌وری انرژی بالایی برخوردار باشد، در جهت توسعه پایدار کشاورزی بوده و برعکس، هرچه این نسبت عدد کوچک‌تری داشته باشد، آسیب محیط زیستی و ناپایداری اکولوژیکی را نشان می‌دهد(Mansoorian, 2005 ).

استفاده مؤثر از انرژی در بخش کشاورزی، موجب کاهش مشکلات زیست‌محیطی شده و هم‌چنین مانع تخریب منابع طبیعی می‌شود و باعث رشد و توسعه کشاورزی پایدار به‌عنوان یک سیستم تولید به‌صرفه می‌گردد(Erdal et al., 2007). بر همین اساس محاسبه شاخص‌های انرژی و به دست آوردن میزان انرژی خروجی نسبت به ورودی، می‌تواند ازجمله کارهای مهم و مفید دررسیدن به این هدف محسوب شود.

در زمینه محاسبه و ارزیابی شاخص‌های انرژی و متغیرهای مرتبط در رابطه با پرورش ماهی، مطالعات محدودی انجام‌گرفته است که در این‌جا به بیان بخشی از آن‌ها پرداخته می‌شود:

نتایج مطالعات نادخواجه و همکاران(2016)، در مورد مصرف انرژی در تولید ماهیان سرد آبی تحت دو سیستم دارای هوادهی و فاقد هوادهی در استان خوزستان، نشان داد کل انرژی مصرفی در تولید ماهیان سرد آبی تحت سیستم دارای هوادهی و فاقد هوادهی به ترتیب ۴۵۸۸۶۰۵/۵۶ و ۵۴۲۹۴۱۱/۵۰ مگاژول بر هکتار بود. کل انرژی خروجی نیز در دو سیستم ذکرشده به ترتیب ۱۹۱۰۴۰۰ و ۱۶۸۴۸۶۶/۶۶ مگاژول بر هکتار برآورد شد. بیش‌ترین سهم از انرژی مصرفی در تولید ماهیان سردآبی در سیستم دارای هوادهی و فاقد هوادهی به ترتیب با ۶۳ و ۷۴ درصد به خوراک اختصاص یافت و نسبت انرژی خروجی به ورودی در تولید ماهیان سردآبی دارای هوادهی و فاقد هوادهی به ترتیب ۴۱/ . و ۳۲/. محاسبه شد. الکتریسیته در دو سیستم هوادهی و فاقد هوادهی به ترتیب با ۳۶ درصد و ۲۴ درصد از کل انرژی ورودی در رتبه دوم نهاده‌های انرژی قرار داشتند. شدت انرژی در سامانه‌های دارای هوادهی و فاقد هوادهی به ترتیب ۱۹/۱۱ و ۲۵/۵۹ مگاژول بر کیلوگرم و نیز بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر ۰۵/ و ۰۴/ کیلوگرم بر مگاژول برآورد شدند (Nadkhaje et al., 2016).

یونسی و همکاران(2014)، نیز در مطالعه خود که از پنج سایت پرورش ماهی در استان البرز انجام داده بودند، به بررسی مصرف انرژی و محاسبه شاخص‌های انرژی پرداختند. آن‌ها در این مطالعه بیان کردند که میانگین تولید ماهی در استخرهای پرورش ماهی منطقه ۲۶/۸۸ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. میانگین کل انرژی مصرفی در تولید ماهی ۷۳/۸۴ مگاژول بر کیلوگرم بود به‌گونه‌ای که انرژی مصرفی الکتریسیته با ۵۰ درصد و انرژی مصرفی مواد خوراکی با ۲۹ درصد و انرژی مصرفی سوخت با ۱۹درصد به ترتیب دارای بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی بودند. این سه مورد ۹۸ درصد از کل انرژی مصرفی در تولید ماهی را به خود اختصاص داده بود. نتایج نشان داد که متوسط مقادیر انرژی‌های ورودی، خروجی، افزوده خالص انرژی، نسبت انرژی و بهره‌دهی انرژی در استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلا به ترتیب ۱۹۸۵ مگاژول بر مترمربع، ۲۱۴ مگاژول بر مترمربع، ۱۷۷۱- مگاژول بر مترمربع، ۱۰/ و ۰۱/ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد (Younesi et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر که توسط لطفی و همکاران(۲۰۱۵)، در شهرستان دماوند و بخش جاجرود بر روی انرژی واحدهای پرورش ماهی انجام گرفت، مقدار کار آیی انرژی ۰۹/ و بهره‌وری و شدت انرژی و افزوده انرژی به ترتیب ۰۱۲/ کیلوگرم بر مگاژول و ۸۶/۶۶ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۴۴۴۵۶/۳۳- مگاژول بر صد مترمربع به دست آمد.انرژی مصرفی خوراک و الکتریسیته به ترتیب با مقدار مصرف ۵۴۲۷۵/۶۶ مگاژول بر صد مترمربع و ۹۶۳۶۶/۴۰ مگاژول بر صد مترمربع و با درصدهای ۳۴/۱۲ و ۶۰/۵۸ درصد بیش‌ترین سهم را از مصرف انرژی داشتند. متوسط تولید محصول، میانگین کل انرژی مصرفی و میانگین کل انرژی خروجی پرورش ماهی قزل‌آلا به ترتیب ۲۸۴۱/۱۴ کیلوگرم بر صد مترمربع، ۱۵۹۰۶۷/۹۵ مگاژول بر صد مترمربع و ۱۴۶۱۱/۶۲ مگاژول بر صد مترمربع به دست آمد (Lotfi et al., 2015).

بوزاوغلو و سیهان(۲۰۰۹)، مطالعه‌ای را بر روی کارآیی انرژی تولید ماهی قزل‌آلا و ماهی باس دریایی در کشور ترکیه انجام دادند. یافته‌های آن‌ها از تحلیل انرژی به این صورت بود که انرژی مصرفی برای هر مترمکعب تولید ماهی قزل‌آلا برابر ۴۶/۵ مگاژول بود. نهاده‌های اصلی انرژی برای ماهی قزل‌آلا تعیین شد که عبارت بودند از: خوراک با ۵۰ درصد، سوخت دیزل با ۲۶ درصد، الکتریسیته، نیروی انسانی و بچه ماهی در رتبه‌های بعدی به‌عنوان نهاده‌ی ورودی انرژی محاسبه شدند (Bozoğlu, M. and Ceyhan, 2009 ). تفاوتی که در این پژوهش با مطالعات انجام‌گرفته در ایران به‌صورت آشکار دیده می‌شود، انجام این تحقیق در دریای سیاه ترکیه به‌جای استخرهای خشکی است که در ایران انجام‌گرفته است. ازآن‌جایی‌که مطالعات زیادی در زمینه دام‌داری‌ها و مرغ‌داری‌ها انجام‌گرفته است و نیز به علت این‌که پرورش ماهی در مقایسه با دام‌داری، انرژی مصرفی مشابهی

را داراست(نادخواجه و همکاران، 2016)، لذا به ذکر تعدادی از نتایج مطالعات انجام‌گرفته در این بخش پرداخته می‌شود:

سلطانعلی و همکاران(2015)، بیش‌ترین مصرف از کل انرژی در فرآیند تولید شیر در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در استان گیلان مربوط به دو نهاده خوراک دام و سوخت دیزل به ترتیب با سهم ۸۲ و ۱۳ درصد به دست آمد. مجموع انرژی‌های ورودی و خروجی به ازای یک رأس گاو شیری به ترتیب برابر ۵۲۵۹۲/۸۱ و ۲۴۸۴۹/۷۴ محاسبه شد که میانگین کار آیی انرژی برابر۴۷٪ به دست آمد. شاخص‌های انرژی شامل بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده انرژی به ترتیب برابر ۲۵٪ لیتر بر مگاژول، ۷/۴۰ مگاژول بر لیتر و ۲۷۷۴۳/۰۸- مگاژول بر رأس گاو، برآورد شد (Soltanali et al., 2015). یمینی صفت و همکاران(2013)، در مطالعه خود الگوی مصرف انرژی و رابطه بین انرژی‌های ورودی و خروجی تعداد ۵۰ واحد تولید مرغ گوشتی در استان البرز را بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده به این صورت بود که کل انرژی مصرفی و انرژی خروجی به ترتیب ۲۲۰/۰۲ و ۳۰/۲۵ گیگا ژول به ازای ۱۰۰۰ مرغ برآورد شد. هم‌چنین شاخص‌های انرژی از قبیل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۰۱، کیلوگرم بر مگاژول، ۷۶/۵۹ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۸۹/۷۷ مگاژول به ازای ۱۰۰۰ مرغ محاسبه شد(YaminiSefat et al., 2013 ). در مطالعه‌ی نقیب زاده و همکاران(2010)، که بر روی یک مرغداری ۳۰ هزار قطعه‌ای در شمال خوزستان انجام گرفت، میزان کل انرژی ورودی و میزان کل انرژی خروجی محاسبه و اندازه‌گیری شد که به ترتیب مقدار ۱۶۴۶۲۳۷ و ۱۱۵۱۹۷۸ مگاژول بیان شد. بیش‌ترین مصرف انرژی با مقدار ۱۳۰۵۵۷ متعلق به خوراک مرغ بود و شاخص‌های نسبت انرژی، افزوده خالص انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۰/۶۶۹، ۴۹۴۲۵۸/۷۳ و ۰/۰۳۳ به دست آمد، درصد نهاده‌ها و میزان مصرف آن‌ها و تأثیری که در انرژی خروجی داشتند باهم متفاوت بود که دلیل این مطلب می‌تواند بسته به منطقه موردمطالعه، میزان اطلاع و آگاهی اپراتور از نحوه‌ی مصرف نهاده‌ها، تنوع محصول و تنوع آب‌وهوایی و شرایط محیطی و غیره باشد (Naghibzade et al., 2010). نکته‌ای که در همه مطالعات به وضوح قابل‌رؤیت است، درصد بالای نهاده‌هایی چون الکتریسیته و خوراک مصرفی است.

## ۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۶ در استان آذربایجان شرقی انجام گرفت. این استان، به مساحت ۴۵۴۹۱ کیلومترمربع، در شمال غرب کشور و بین مدارهای ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و نصف‌النهارهای ۴۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و۲۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرارگرفته است. اطلاعات مربوط از تعداد ۳۲ واحد پرورش ماهی در شهرستان‌های مختلف استان با مصاحبه حضوری جمع‌آوری گردید. که تمام این واحدها از ماهی قزل‌آلا در مزارع ماهی استفاده می‌نمودند.

### ۲-۱- انرژی‌های ورودی و خروجی در واحدهای پرورش ماهی

انرژی‌های ورودی در سامانه تولیدی به معنی مجموع انرژی‌های لازم برای تولید محصول موردنظر است. و انرژی خروجی به معنی مجموع انرژی تولیدی محصول است(Kochaki et al, 1997). در مطالعه حاضر، انرژی ورودی عبارت است از: انرژی خوراک، انرژی بچه ماهی، انرژی سوخت، انرژی الکتریسیته، انرژی نیروی انسانی و انرژی ادوات. ورودی نیروی انسانی را به دلیل بی‌معنی بودن محاسبه انرژی نیروی انسانی و هم‌چنین ناچیز بودن آن، در محاسبات وارد نشدند. انرژی خروجی نیز فقط مقدار ماهی تولیدشده است.

### ۲-۲- معادل انرژی

به میزان مصرف انرژی‌ای که در فرآیند تولید هر نهاده یا ستانده وارد یا خارج می‌شود توسط مقادیر کمی و عددی بیان می‌شود که به آن‌هم‌ارز یا معادل انرژی می‌گویند. هم‌ارز انرژی، برای مواد به روش کالری‌سنجی تعیین می‌شود. به این معنی که ماده مورد نظر سوزانده می‌شود و مقدار انرژی تولیدشده به‌عنوان هم‌ارز، در نظر می‌ش,ود (Lotfi et al., 2015).

در جدول (۱) هم‌ارز انرژی نهاده‌های مختلف آورده شده است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

جدول ۱. هم‌ارزهای انرژی

**Table 1. Energy Equivalents**

| Inputs and Outputs | Unit | Energy Equivalent (MJ/unit) | Reference |
|---|---|---|---|
| Electricity | kWh | 8.4 | (Maysami et al., 2013) |
| Fish food | kg | 17.56 | (Younesi et al., 2014) |
| Fuel | | | |
| a) Gasoline | L | 47.8 | (Kitani, 1999) |
| b) Benzine | L | 46.3 | (Tabatabaie et al. 2013) |
| c) Petroleum | L | 47.8 | (Kitani, 1999) |
| Fish | kg | 7.96 | (Younesi et al., 2014) |
| Electric motor | kg | 64.8 | (Chauhan et al. 2006) |
| Steel | kg | 68.4 | (Lotfi et al, 2015) |
| Polyethylene | kg | 46.3 | (Lotfi et al, 2015) |
| Iron | kg | 38 | (Lotfi et al, 2015) |
| Aluminium | kg | 60.48 | (Lotfi et al, 2015) |

برای محاسبه انرژی ادوات، با توجه به این‌که در منبعی به‌طور مشخص به این مسئله پرداخته نشده بود، لذا با توجه به اجزای سازنده هر یک از ادوات و وزن آن‌ها، اقدام به محاسبه انرژی تعدادی از ادوات شد. در این محاسبات تجهیزاتی که در مزارع پرورشی بیش‌ترین استفاده را داشتند محاسبه شدند. نحوه‌ی محاسبه به این صورت بود که اطلاعات وزن قسمت‌های مختلف وسیله از تولیدکنندگان آن‌ها به دست آمد، سپس با توجه به منابع هم‌ارز انرژی، فلز موردنظر در وزن مستخرج ضرب نموده و حاصل باهم جمع گردید. در جدول (۲) انرژی ادوات محاسبه‌شده آورده شده است.

جدول ۲. انرژی ادوات پرکاربرد

**Table 2. Energy of Equipment with extensively usage**

| Equipment | Total weight (kg) | Steel weight (kg) | Aluminium weight (kg) | Iron weight (kg) | Polyethylene weight (kg) | Calculated energy (MJ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Splash aerator | 11 | 7 | - | - | 4 | 632.08 |
| Drum filter | 400 | 150 | – | 250 | – | 19760 |
| Dynamo | 130 | 78 | – | 52 | – | 7311.2 |
| Pump | 10 | 6 | – | 4 | – | 562.4 |
| Force aerator | 20 | 1.5 | 1.5 | 5 | 12 | 893.32 |

### ۲-۳- محاسبه انرژی ورودی

برای محاسبه انرژی ورودی نهاده‌ها، ابتدا تمام ورودی‌ها بررسی و طبقه‌بندی شدند. سپس هم‌ارز مربوط در مقدار نهاده ضرب شده و با مجموع این نهاده‌ها انرژی ورودی به دست آمد.

### محاسبه انرژی خروجی

در قسمت خروجی در مزارع پرورش ماهی، فقط ماهی به فروش رسیده، به‌عنوان خروجی در نظر گرفته‌شده است. برای محاسبه، مقدار ماهی به‌دست‌آمده را در هم‌ارز ماهی ضرب نموده و نتیجه به‌عنوان خروجی بیان شد.

### محاسبه شاخص‌های انرژی

با به دست آوردن انرژی ورودی و خروجی برای کل و همین‌طور تک تک واحدها، اقدام به محاسبه شاخص‌های انرژی از قبیل: کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی گردید.

نسبت یا کارآیی انرژی، نسبت انرژی خروجی به ورودی است. بهره وری انرژی، به این معنی است که به ازای مصرف انرژی های ورودی، عملکرد در میزان محصول تولیدی به چه شکل است. انرژی ویژه یا همان شدت انرژی نیز به مفهوم میزان انرژی مصرف شده به ازای تولید یک کیلوگرم از محصول است و در نهایت افزوده خالص انرژی، حاصل تفریق انرژی ورودی از خروجی است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

## ۳- نتایج

### ۳-۱- میزان انرژی مصرفی و انرژی خروجی واحدهای پرورش ماهی

در جدول (۳) مقدار مصرف نهاده‌های ورودی و میزان ماهی خروجی به همراه مقدار انرژی هر یک آورده شده است.

**جدول۳. میزان مصرف نهاده و میزان محصول خروجی و مقایسه انرژی آن‌ها**

Table 3. Inputs and outputs and compare their energy

| Inputs and outputs | Unit | Consumption amount (Unit) | Energy amount ($MJ/100m^2$) |
|---|---|---|---|
| Inputs | | | |
| a) Electricity | kWh | 11257967.2 | 2903.91 |
| b) Food | kg | 476166.66 | 262.50 |
| c) Fuel | L | 109143.68 | 317.89 |
| d) Equipment | kg | 18660 | 25.98 |
| e) Baby fish | kg | 9450.83 | 3.18 |
| Total inputs | | 11853147.38 | 3513.47 |
| Output | | | |
| Fish produced | kg | 437000 | 107.17 |

### ۳-۲- سهم انرژی نهاده‌های مختلف در تولید

در بین نهاده‌های ورودی الکتریسیته با بیش‌ترین مقدار مصرف (۸۳ درصد)، بیش‌ترین مقدار انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است که دلیل این مطلب وابسته بودن عملیات پرورش ماهی در مزارع به انرژی الکتریکی است؛ زیرا تمام تجهیزات موردنیاز واحدهای پرورش ماهی با نیروی الکتریکی کار می‌کنند و بسیاری از این تجهیزات به‌صورت ۲۴ ساعته در تمام طول چندین ماهه دوره پرورش مشغول کار هستند. نهاده بعدی که بعد از الکتریسیته بیش‌ترین انرژی ورودی در مزارع را به خود اختصاص داده است، سوخت است(۹ درصد). سوخت در مطالعه حاضر، مجموع سه سوخت گازوئیل، بنزین و نفت بودند که به ترتیب دارای بیش‌ترین مقدار مصرف بودند و اکثراً برای به کار انداختن موتوربرق در زمان‌های قطعی برق به کار گرفته می‌شدند. نهاده بعدی خوراک (۷ درصد) است که بعد از الکتریسیته و سوخت بیش‌ترین میزان انرژی ورودی را شامل می‌شود. در حالت کلی نهاده‌های الکتریسیته، سوخت و خوراک دارای بیش‌ترین میزان انرژی مصرفی(۹۹ درصد) را در تولید ماهی به خود اختصاص داده‌اند. تجهیزات و بچه ماهی در رتبه‌های بعدی میزان انرژی مصرفی قرار داشتند. در مقایسه با مطالعات انجام‌شده، یونسی و همکاران(2014) در مطالعه خود بیان کرده بودند که الکتریسیته، خوراک و سوخت ۹۸ درصد کل انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. در مطالعه لطفی و همکاران(2015)، الکتریسیته و خوراک به ترتیب با ۶۰،۵۸ و ۳۴،۱۲ درصد بیش‌ترین میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده بودند. در مطالعه نادخواجه و همکاران(2010)، خوراک و الکتریسیته در هر دو سیستم دارای هوادهی و فاقد هوادهی به ترتیب با مقادیر ۶۳، ۳۶، ۷۴ و ۲۴ درصد سهم بیش‌تری در انرژی مصرفی داشتند. در مطالعه بوزاوغلو و سیهان(۲۰۰۹)نیز نهاده‌های خوراک و سوخت دارای بیش‌ترین درصد بودند که دلیل این اختلاف انجام بررسی در دریا به‌جای استخر خشکی می‌باشد. و در مطالعات دیگر محققین که در زمینه غیر ماهی کارکرده‌اند هم‌چنین برجسته بودن سهم انرژی مصرفی این سه نهاده را متذکر شده‌اند. به این صورت که در مطالعات یمینی صفت و همکاران(2013)، نقیب زاده و همکاران(2010) و سلطانعلی و همکاران(2015)، سهم خوراک را در رتبه اول مصرف انرژی بیان کرده‌اند.

شکل (۱) سهم هر یک از نهاده‌های ورودی در تولید ماهی در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

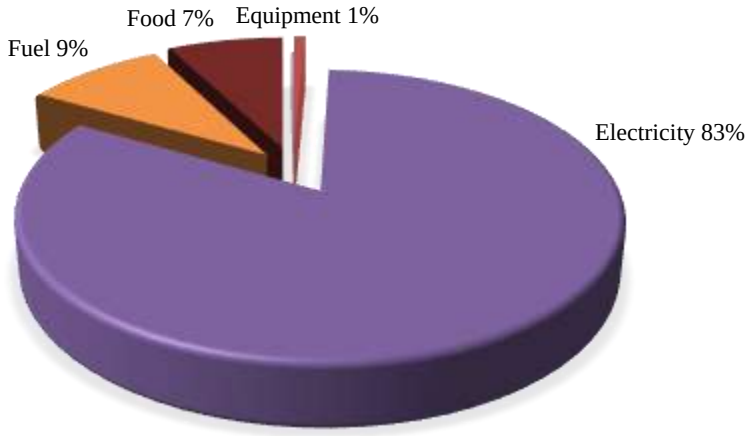


**Figure 1: The contribution of each input in the fish production**

**شکل ۱. سهم هر یک از نهاده‌های ورودی در تولید ماهی**

### ۳-۳- شاخص‌های انرژی

نسبت انرژی، مقدار ۰/۰۳ به دست آمد که کم‌تر از مقدار ۰/۰۹ گزارش‌شده در مطالعه لطفی و همکاران(2015) و کم‌تر از مقادیر گزارش‌شده توسط یونسی و همکاران(2014) با ۰/۱۰ و نادخواجه و همکاران(۲۰۱۰) با ۰/۴۱ و ۰/۳۲ برای سیستم هوادهی و فاقد هوادهی بود. بهره‌وری انرژی و شدت انرژی به ترتیب عبارت اند از ۱۲۴/۳۷ و ۰/۰۰۸۰. این شاخص‌ها در مطالعات یونسی و همکاران(2014)، لطفی و همکارن(2015) و نادخواجه و همکاران(2010)، مقادیر متفاوتی گزارش شدند. در جدول (4) این شاخص‌ها آورده شده‌اند.

**جدول۴-شاخص‌های انرژی**

Table 4. Energy indices

| Energy indices | Unit | Amount |
|---|---|---|
| Energy efficiency (Energy ratio) | – | 0.03 |
| Energy productivity | (kg/MJ) | 6.4 |
| Intensity of energy (Special energy) | (MJ/kg) | 15582.12 |
| Net energy gain | ($MJ/100m^2$) | -3 |

406/30

### ۴- نتیجه‌گیری

میزان انرژی مصرفی در تولید ماهی در منطقه آذربایجان شرقی طبق نتایج مطالعه حاضر، ۳۵۲۸/۱۱۳ مگاژول بر صد متر مربع و کل انرژی خروجی ماهی تولیدشده برابر ۱۰۷/۱۷۴ می‌باشد. الکتریسیته با میزان مصرف ۲۹۰۳/۹۱ مگاژول پرمصرف‌ترین نهاده مصرفی در تولید ماهی قزل‌آلا در استان بود. که حدود ۸۳ درصد انرژی ورودی‌ها را شامل می‌شود. الکتریسیته، سوخت و خوراک به‌تنهایی ۹۹ درصد انرژی کل نهاده‌های ورودی را شامل می‌شدند. نسبت انرژی در مطالعه انجام‌شده برابر ۰/۰۳ به دست آمد. هم‌چنین میانگین تولید ماهی در استخرهای پرورشی ۴۲/۰۷ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد.

### ۵- مراجع

Bozoğlu, M. andCeyhan, V. (2009). Energy conversion efficiency of trout and sea bass production in the Black Sea, Turkey. *Energy*. 34 (2): 199-204.

Chauhan, N. S., Mohapatra, P. K. J., Pandey, K. P. (2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking—An application of data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*. 47 (9): 1063-1085.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., Gündüz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey .*Energy*. 32 (1): 35-41.

Heidari, M. D., Omid, M., Akram, A., Mobli, H. & Rajaeifar, M. A. (2013). Energy Consumption in Agricultural and Livestock Products of IRAN: Review. *The 8th National Congress on Agr. Machinery Eng, (Biosystems) & Mechanization*. Mashhad, Iran. (Persian).

Kitani, O. (1999). CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Energy and Biomass Engineering. ASAE Publication. MI.
Kochaki, A., Hoseini, M., & Khazaei, H. R. (1997). Sustainable Agricultural Systems. Publication of Jahad Daneshgahi of Mashhad. (Persian).
Lotfi, A. R., Khojastehpour, M., & *Abbaspour* Fard, M. H. (2015). Efficiency Analysis of Energy Conversion and Economic Analysis of trout breeding in Damavand and Jagrood Farms. *Master's Thesis*. Ferdowsi University of Mashhad. (Persian).
Mansoorian, N. (2005). Assessment of energy efficiency in Iran's Agricultural Sector (Case Study: Khorasan Province). *The 5th Biennial Conference of Iranian Agricultural Economy*. University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, iran. Article number 123, (Persian).
Maysami, M. A., Olbertz, H., Ellmer, F. (2013). Energy Efficiency in Dairy Cattle Farming and related Feed Production in Iran. *Faculty of Agriculture and Horticulture at Humboldt-Universität zu Berlin* .
Nadkhaje, M., Marzban, A., Abdeshahi, A., & Kazemi, N. (2016). Investigation of energy consumption in cold water fish production under two aerated and non-aeration systems in Khuzestan province. *The 2nd Scientific Congress on the Development and Promotion of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran.* Tehran, Iran. (Persian).
Naghibzade, S., Javadi, A., Rahmati, M. H., & Mehranzade, M. (2010). Study of how energy consumption to broiler chicken breeding in northern Khuzestan. *The 6th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization*.Tehran, Iran. (Persian).
Naseri Navab kazemi, s., Dashti Aghche, A. (2010). Analysis of Input - Output, in Iranian Energy Consumption. *The 6th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization*. Tehran, Iran. (Persian).
Pervanchon, F., Bockstaller, C., Girardin, P. (2002). Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems*. 72 (2): 149-172.
Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A., and Khojastehpour, M. (2015). Energy consumption modeling and environmental effects of dairy cattle breeding units in Guilan province. *Master's Thesis*. Ferdowsi University of Mashhad. (Persian).
Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, S., Keyhani, A., Heidari, M. D. (2013). Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. *Renewable Energy*. 51: 7-12.
Yaminisefat, M., Borghaee, A. M., Beheshti, B., & Bakhoda, H. (2013). Modeling energy efficiency in broiler chicken production units in Alborz Provinceby Artificial Neural Network (ANN) and the effect of educational level on the energy ratio. *The 8th National Congress on Agr. Machinery Eng, (Biosystems) & Mechanization.* Mashhad, Iran. (Persian).
Younesi, A., Javadi, A., & Rahmati, M. H. (2014). Determination of energy consumption efficiency indices in the Trout Ponds of Alborz Province. *The 3rd Emerging Trends in Energy Conservation*, Tehran, Iran. (Persian).

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران