تاثیر قراردادن پانل‌های خورشیدی بر روی کاهش میزان تبخیر کانال آب و تولید انرژی تجدیدپذیر

مجید زارع زاده[۱]، سعیده خوارزمی[۲]

[۱] دکتری هیدرولوژی دریا، اداره کل استاندارد هرمزگان، majid_zarezadeh_nu@yahoo.com
[۲]دکتری هواشناسی، اداره کل هواشناسی استان هرمزگان، s.khwarazmi@yahoo.com

چکیده

استفاده همزمان از سیستم پانل خورشیدی بر روی مخازن و کانال-های آب، به علت منافع زیادی که داشته در هیدورلوژی امروز امری بدیع و کارآمد می‌باشد. آثار مثبت و موثر این روش به ویژه در مناطق گرم و خشک در سرتاسر دنیا روندی افزایشی یافته است. منطقه میناب در استان هرمزگان به علت وجود حوضچه سد استقلال تبدیل به قطب کشاورزی جنوب کشور شده است و با کشت‌های خارج از فصل در این منطقه، بسیاری از نیازهای کشور در محصولات کشاورزی را رفع نموده است. طی چند سال گذشته و با توجه به کاهش بارندگی و خشسکسالی‌های پی‌درپی، تامین آب پایدار برای باغ‌های این شهرستان یکی از چالش‌های مهم شده است. بر این اساس به منظور کاهش اثر تابش خورشیدی بر روی آب عبوری از کانال آبیاری شهر میناب، شبیه‌سازی نصب پانل‌های خورشیدی بر روی این کانال به طول ۸ کیلومتر توسط نرم‌افزار PVSol 2021 انجام شده است که نتایج شبیه‌سازی نشان داد با ضریب پوششی در حدود ۶۰٪ طول کانال توسط این پانل‌ها می‌توان در حدود ۵MW برق از این منبع تجدیدپذیر بدست آورد. نکته مهم در این شبیه‌سازی ضریب عملکرد ۰/۷۸ این نیروگاه است که خروجی بسیار مناسب نسبت به موارد مشابه را نشان می‌دهد. علاوه بر این بر اساس محاسبات انجام شده، نصب پانل‌ها با اثر سایه‌گذاری، از هدر رفت و تبخیر بیش از ۶۰۰۰ متر مکعب آب موجود در کانال جلوگیری می‌نماید.

واژه‌های کلیدی

تبخیر، پانل خورشیدی، کانال آب، هدر رفت آب، PVSol

مقدمه

اهمیت مصرف آب در صنعت، کشاورزی، و شرب بر هیچکس پوشیده نیست. در دهه گذشته به علت پدیده خشکسالی، کاهش محسوس میزان بارندگی به ویژه در مناطق جنوب کشور، نحوه استفاده، نگهداری و انتقال آب را به چالشی مهم تبدیل نموده است. این موضوع به ویژه در مخازن و کانال‌های روباز انتقال آب اهمیت بیشتری برخودار است، زیرا در این مخازن به علت مختلف هدررفت آب وجود دارد. یکی از عوامل هدررفت آب در آنها تبخیر آب است. یکی از روش‌های سنتی برای کاهش میزان تبخیر آب از کانال‌ها، استفاده از پوشش بر روی آنها است. امروزه هر اقدامی در این زمینه باید چند منظوره باشد و تنها برای پوشش کانال یا مخزن استفاده نشود و کاربردهای عملیاتی دیگری نیز داشته باشد. در کشورهای توسعه یافته یکی از روش-های مدرن استفاده از پانل‌های خورشیدی به عنوان پوشش کانال است[۱]. در کشور اردن که کشوری نیمه خشک محسوب می شود، محققان با نصب پانل‌های خورشیدی بر روی مخازن آب، اثر این پانل‌ها بر روی کیفیت آب و همچنین میزان تبخیر را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که قراردادن پانل تاثیری بر روی کیفیت آب نداشته، اما موجب کاهش ۶۰٪ میزان تبخیر آب مخازن شده است [۱]. در کشور پاکستان با اقلیمی گرم و خشک نیز برای تامین همزمان آب و انرژی خود تحقیقی مشابه انجام شد و اقدام به نصب پانل خورشیدی بر روی کانال آب نائو بارهار با طول مسیر ۹۰۰ متر و عرض ۱۰۰ متر نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که این پانل‌ها با تولید ۱MW انرژی، باعث جلوگیری از تبخیر ۹ میلیون لیتر آب عبوری از این کانال شده اند [۲]. در کشور مصر پژوهشی بر روی کانال‌های آب کشاورزی انجام شد و تاثیر قرار دادن پانل‌های خورشیدی بر روی کیفیت آب کانال و میزان تبخیر بررسی شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که پوشش ۳۳٪ تا ۵۰٪ کانال توسط پانل خورشیدی منجر به تبخیر بهینه آب و کمترین تاثیر منفی را بر کیفیت آب دارد [۳]. در دانشگاه آرتیکیک نروژ، پژوهشی در مورد بکارگیری سیستم‌های فوتوولتائیک در سیستم‌های دریایی انجام شد. مقایسه میزان انرژی تولیدی بر روی زمین با سیستم مشابه در مرزعه بادی در دریا نشان داد تولید انرژی در مرزعه بادی مستقر در دریا ۳٪ بیش از انرژی تولیدی در دریاست [۴]. از آنجائیکه بهره‌وری پانل‌های خورشیدی رابطه مستقیمی با دمای تابش دارد و افزایش دما منجر به کاهش بهره‌وری آن می-شود، قرار دادن پانل خورشیدی بر روی کانال منجر به تهویه

مناسب و تعدیل دما و در نتیجه افزایش عملکرد این تجهیزات در مکان‌هایی با اقلیم گرم و خشک می‌شوند[۵-۷].

استان هرمزگان به علت اقلیم گرم و خشک و شرایط کم بارش همواره با چالش کمبود آب مواجه است و جلوگیری از هدررفت آب یکی از اهداف مدیران استان می‌باشد. شهرستان میناب در شرق استان هرمزگان با وجود سد استقلال، یکی از منابع تامین آب این استان می‌باشد. به علت وجود سد استقلال، حوضچه آبریز این سد و وجود کانال‌های آبرسان در شهرستان میناب، کشاورزی در این شهرستان رونق زیادی داشته و به یکی از شغل‌های اصلی مردم این منطقه تبدیل شده است. سرزمینی جلگه‌ای، که به‌علت داشتن منابع آب شرب به‌ویژه رودخانه میناب، یکی از قطب‌های کشاورزی هرمزگان است. در چند سال گذشته به علت خشکسالی‌های پی‌درپی و کاهش بارندگی، افزایش دما، رواناب‌های این منطه دچار کاهش چشمگیری شده است و بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته میانگین رواناب‌های آینده روندی کاهشی است [۸]. افزایش روز افزون برداشت از منابع زیرزمینی در این حوضچه که با رسوبات تحکیم نیافته آبرفتی یا نهشته‌های کم عمق انباشته شده‌اند منجر به فرونشست سطح زمین در این منطقه شده است. حفر چاه‌های عمق در این منطقه و برداشت از ژرف آب‌ها در دشت میناب، موجب کاهش سطح آب و در نتیجه تشکیل فروچاله‌های وسیعی شده است [۹]. در این شرایط بهترین روش برای جلوگیری از تداوم وضعیت پر چالش پیشرو در این دشت، استفاده بهینه از منابع آبی موجود، به شکلی که این فرایند با تغییرات ناگهانی موجب ایجاد نارضایتی اجتماعی نشود. در کنار اقدامات بهبودی نظیر استفاده از کنتورهای هوشمند در چاه‌ها و واحدهای تولیدی/خدماتی مشمول، به روزرسانی شبکه‌های آبرسانی، رفع نشتی‌ها و هدررفت‌های موجود در شبکه و...، یکی از روش‌هایی نوین برای جلوگیری از هدررفت آب در کانال های انتقال آب استفاده می‌شود، استفاده از پانل‌های خورشیدی بر روی این کانال‌ها است. این کانال‌های انتقال در بخش زیادی از شهر میناب در حال آبرسانی به باغ‌ها است. بر اساس گزارش شرکت آب این شهرستان، وجود این کانال های رو باز منجر به چالشی مهم برای این شهر شده است. تبخیر بالای آبهای موجود در این کانال و همچنین اتفاقاتی نظیر غرق شدن کودکان در این کانال‌ها چالش اساسی این سیستم آبرسانی است. کانالی با طول حدود ۸ کیلومتر بخش ورودی شهر میناب تا باغ‌های موجود در جاده تیاب وجود دارد که با عرض حدود ۸ متر و عمق ۲ متر، حجم بسیار زیادی از آب در حال جریان می‌باشد(شکل۱). چالش مهم در مورد این کانال میزان تبخیر آب از سطح کانال می باشد. همچنین به علت عدم پوشش مناسب بر روی کانال و حفاظ ایمنی در اطراف آن، سقوط انسان و حیوانات در برخی موارد در این کانال روی داده است.

اولین چالش در مورد نصب این پانل‌ها، بهره‌وری و عملکرد آنها در شرایط اقلیمی استان هرمزگان است، که پژوهش‌های انجام شده نشان داده است کارایی پانل‌های خورشیدی و برق تولیدی از آنها عملکرد مناسبی داشته و کارائی آن در این مناطق علاوه بر رویکرد فنی، رویکرد اقتصادی نیز دارد [۱۰و۱۱]. البته بهره‌وری پانل‌های خورشیدی در سایر شرایط اقلیمی مشابه هرمزگان، نظیر هند، مصر، کلمبیا و... نیز دارای عملکرد مناسبی بوده است[۱۰].

شکل ۱: محدوده کانال آبیاری از مسیر ابتدای سد استقلال تا باغ‌های اطراف جاده تیاب

روش انجام

در این پژوهش پس از مطالعه مقالات و تجربیات مشابه و جمع-آوری داده‌های مورد نیاز از مراجع، داده‌های میدانی نظیر میزان دبی آب، ارتفاع رقومی منطقه مورد مطالعه، بررسی کانال و مسیر آن اخذ شده است. منطقه مورد مطالعه کانال آبیاری خروجی سد استقلال میناب است که با عبور از سطح شهر به باغ‌ها و نخلستان ها وارد می‌شود. طول این کانال حدود ۸ کیلومتر است و ۶ کیلومتر آن در منطقه شهری و اداری و با عبور از کنار خیابان وارد مناطق نخلستان و باغ ها می‌شوند. بر اساس داده‌های میدانی اخذ شده و رقومی شده در نرم افزار *ArcGis* کل طول کانال آبیاری ۲۱۶۰ متر دارای جهت جنوب-شمال می باشد و بقیه بخش ها دارای جهت شرق-غرب است. عرض این کانال در بیشتر مسیر در حدود ۸ متر و با عمق ۲ متر آب با دبی حداکثر دبی کانال آبرسانی شمالی : ۹٫۶ متر مکعب در ثانیه است[۱۲].

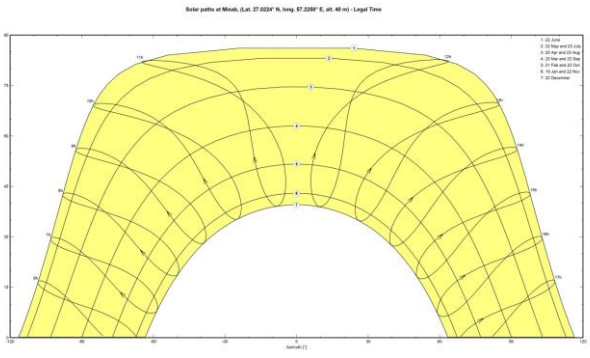
Meteo for Minab - Synthetically generated data from monthly values.

Plane: tilt 27°, azimuth 0°, Albedo 0.20

Interval begin	GlobHor kWh/m²/mth	DiffHor kWh/m²/mth	BeamHor kWh/m²/mth	BeamNor kWh/m²/mth	GlobInc (Perez kWh/m²/mth	KT ratio	T_Amb °C	WindVel m/s
January	128.6	32.2	96.4	186.4	183.7	0.639	17.5	2.8
February	123.9	54.6	69.2	116.9	154.3	0.574	19.5	3.2
March	160.3	79.4	80.9	121.5	178.0	0.564	23.2	3.3
April	185.2	82.3	103.0	141.2	188.8	0.593	27.4	3.4
May	216.2	91.1	125.1	169.0	202.7	0.627	32.0	3.5
June	215.6	95.4	120.1	156.3	195.5	0.633	33.9	3.6
July	207.2	103.5	103.7	133.4	191.7	0.597	35.0	3.7
August	192.6	97.3	95.3	123.5	190.0	0.584	34.4	3.8
September	175.8	73.6	102.3	149.6	191.2	0.611	32.1	3.4
October	164.8	50.2	114.7	187.1	203.5	0.651	29.7	3.0
November	131.4	35.1	96.3	183.0	182.4	0.646	23.7	3.1
December	120.4	30.1	90.3	183.4	178.1	0.640	19.2	2.9
Year	2022.2	824.9	1197.3	1851.4	2239.8	0.611	27.4	3.3

شکل ۲: شاخص‌های دما و تابش در شهرستان میناب

فاصله مورد نیاز برای ساخت سازه نصب پانل ۱۰ متر است که این میزان فضا در اطراف کانال وجود دارد. شرایط آب و هوائی و اقلیم منطقه گرم و خشک و دارای بارندگی کم می باشد. بر اساس داده های اخذ شده از منابع و پایگاه داده‌های اقلیم‌شناسی، میزان تابش منطقه برای نصب پانل‌های خورشیدی، میزان مناسبی است (شکل۲). موقعیت نسبی خورشید عامل مهمی در بهره گرمایی ساختمان‌ها و عملکرد سیستم‌های انرژی خورشیدی است. آگاهی از موقعیت ویژه محلی دقیق ازمسیر خورشید و شرایط اقلیمی برای تصمیمات اقتصادی درباره مساحت کالکتورهای خورشیدی، جهت گیری، محوطه‌سازی، سایه‌اندازی در تابستان و استفاده مقرون به صرفه از جمع‌کننده‌های نور خورشید لازم و ضروری است. آگاهی کامل از مسیر خورشید برای شکل دادن و پیش‌بینی محاسباتی، کارآیی سیستم سالانه خورشیدی ضروری است. نمودار مسیر خورشید در محل مورد مطالعه نیز داده خروجی مناسبی را نشان می دهد(شکل۳).



شکل ۳: مسیر خورشید در موقعیت مورد مطالعه(شهرستان میناب)

میزان تابش در سال در منطقه مورد مطالعه مقدار قابل قبولی است. میانگین دمای سالیانه نیز ۲۷ درجه سلسیوس است که برای کارکرد بهینه پانل‌ها مقدار مناسبی است.

به منظور انجام شبیه سازی مناطقی که کانال از آنها عبور می‌کند به سه منطقه مجزا تقسیم می‌شود. بخش ۱ شامل منطقه جنوب-شمال سوی خروجی کانال آب از منبع اصلی، بخش ۲ منطقه شرق-غرب سو کانال که آب را از میان مناطق شهری عبور می دهد، و بخش ۳ منطقه‌ای با موقعیت مختلط جنوب شمال سو و شرق-غرب سو، و در مسیری مارپیچ، که آب کانال را به باغ‌ها و نخلستان‌ها منتقل می‌کند (جدول۱). پایش انجام شده از تصاویر زمین مرجع شده و نقشه UTM موقعیت مورد بررسی نشان داده است که بیشتر مسیر کانال شرق-غرب سو است. تعیین جهت کانال در جهتگیری پانل‌های نصب شده نسبت به عرض جغرافیایی موقعیت و زاویه آزیموس دارای اهمیت بسزایی است.

جدول ۱: موقعیت و ابعاد مسیر کانال آبرسانی

	موقعیت جغرافیایی ابتدا(درجه)	موقعیت جغرافیایی انتها(درجه)	طول مسیر(m)	جهت
بخش۱	۲۷/۱۶۴۸N ۵۷/۰۹۱۱E	۲۷/۱۸۰۴N ۵۷/۰۷۸۷E	۲۱۶ ۰	جنوب-شمال
بخش۲	۲۷/۱۸۰۴N ۵۷/۰۷۸۷E	۲۷/۱۷۳۷N ۵۷/۰۴۲۹E	۳۹۰ ۰	شرق-غرب
بخش۳	۲۷/۱۷۳۷N ۵۷/۰۴۲۹E	۲۷/۱۷۰۴N ۵۷/۰۲۶۵E	۲۰۵ ۰	آمیخته

به منظور انجام شبیه‌سازی از نرم‌افزار PVSol Perimum2021 استفاده شده است. با توجه به ابعاد وسیع منطقه شبیه‌سازی، به منظور اجرای بهتر نرم‌افزار و همچنین صحه‌گذاری گرافیکی فرایند، اجرای شبیه‌سازی در سه بخش مجزا و مطابق با موقعیت جغرافیایی بیان شده در بخش قبل انجام شده است. مجموع مساحت کل استقرار تجهیزات و شبیه-سازی ۵۰۰۰۰۰ متر مربع می‌باشد، و لذا اجرای کامل آن زمانبر و با قطعی مستمر بوده و گرافیک بالای آن در شبیه‌سازی سه بعدی را با مشکل مواجه خواهد ساخت. بخش ۱ به علت جهت گیری آن، در شبیه‌سازی، پانل‌ها در دو ردیف و زاویه ۲۴ درجه نسبت به جنوب قرار داده شد. در بخش ۲ مسیر کانال به سمت غرب بوده و لذا نوع نصب به شکل دلتا و با زاویه ۱۰ درجه در نظر گرفته شده است. در بخش ۳، به علت ناهموار بودن مسیر کانال و پیچیدگی آن، شبیه‌سازی در چند بخش انجام شد. نکته قابل ذکر این می‌باشد که در بخش‌های ۱ و ۲ به علت فاصله

کانال از مشکل سایه‌اندازی وجود ندارد، اما در بخش ۳ با توجه به عبور از مناطق نخلستان و باغ‌ها، و همچنین دیوار کنار این باغستان‌ها، مشکل سایه‌اندازی به شکل ملموسی مشاهده و در محاسبات منظور شده است.

جدول ۲:تعداد پانل‌ها و اینورتر نصب شده

	تعداد پانل-ها	تعداد اینورتر	مساحت محدوده نصب پانل‌ها و سازه(m^2)	نوع برق تولیدی
بخش ۱	۵۰۴۲	۹	۱۵۰۰۰۰	۳ فاز AC
بخش ۲	۹۸۵۳	۱۲	۲۶۰۰۰۰	۳ فاز AC
بخش ۳	۲۵۴۱	۵	۸۷۰۰۰	۳ فاز AC

مشخصات فنی مطابق با الزامات و استانداردهای مربوطه و نوع توزیع پانل‌ها بر روی کانال تعیین شده است (جدول۳ و۴). بر اساس شبیه‌سازی و با توجه به موقعیت مسیر و کانال، ضریب پوشش کانال توسط پانل‌ها ۶۵٪ است، که با زاویه ۲۴ درجه نسبت به سطح زمین به سمت جنوب قرار گرفته اند(شکل۴).

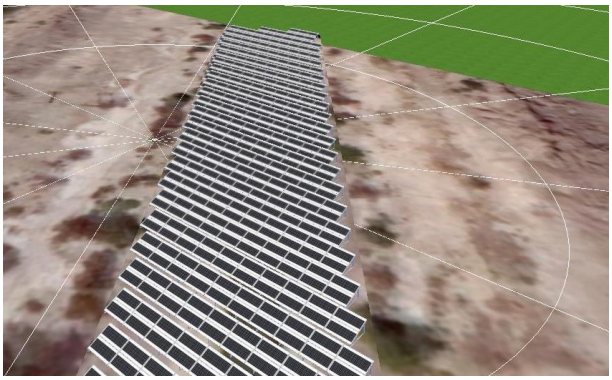
جدول ۳: مشخصات پانل های بکار رفته در شبیه سازی

نوع سلول	تک کریستال
تعداد سلول	۱۳۲
ولتاژ MPP	۳۸ ولت
شدت جریان MPP	۱۷٫۵ آمپر
توان اسمی	۶۶۵ وات
عرض	۱۳۰۳ میلیمتر
طول	۲۳۸۴ میلیمتر

جدول۴: مشخصات فنی اینورترهای بکار رفته در شبیه‌سازی

خروجی اسمی	۵۰کیلووات
بیشینه توان	۶۶ کیلووات
ولتاژ مستقیم نامی	۸۶۰ ولت
بیشینه توان ورودی MPP	۶۶ کیلو وات
بیشینه جریان ورودی MPP	۹۰ آمپر
کمینه ولتاژ MPP	۵۷۰ ولت
بیشینه ولتاژ MPP	۹۵۰ ولت

دمای بالای منطقه، به ویژه در فصل تابستان می‌تواند تاثیر منفی بر عملکرد سیستم پانل‌های خورشیدی داشته باشد. یکی از روش‌های توصیه شده برای کاهش اثر منفی دما بکارگیری سیستم‌های خنک کننده است [۱۳]. آب جریان یافته در کانال زیر پانل‌های خورشیدی یکی از بهترین سیستم‌های خنک کننده طبیعی است.



شکل۴ : نمائی از شبیه‌سازی انجام شده و جهتگیری پانل‌ها بر روی کانال

عوامل مهم و تاثیرگذار در عملکرد پانل‌های خورشیدی عبارتند از تابش خورشید، دما، جهت پانل‌ها، و سایه‌اندازی. این نکته قابل ذکر است که عملکرد سلول‌های خورشیدی در حالت ایده‌آل به شکل لگاریتمی با تابش افزایش می‌یابد، اما در عمل وجود مقاومت سری شده در پانل‌ها کارائی آنها را محدود می-کند. به عکس افزایش دما کارکرد منفی بر روی کارائی پانل‌ها خورشیدی دارد. بکارگیری پانل‌های ذوزنقه‌ای که بر روی مقاطع کانل‌های آب قرار می‌گیرند، معمولا برای انتقال آب برای آبیاری، مصارف صنعتی و خانگی استفاده می‌شود [۳و۷]. بر اساس رابطه تجربی(۱) میزان آب تبخیر شده در کانال‌های باز بدست می‌آید[۳و۷]:

$$E = 4.57T + 43.3 \qquad (۱)$$

که در آن E میزان تبخیر بر حسب(cm/year)، و T میانگین دمای سالیانه منطقه بر حسب ^{o}C است. وجود آب در زیر کانال باعث می‌شود دمای آن تعدیل شده و از افزایش چشمگیر آن جلوگیری می‌نماید. از آنجائیکه در کانال‌های آبیاری عموما ماهی و دیگر موجودات مشابه زندگی نمی کنند، وجود پانل‌ها و سایه‌اندازی آنها بر روی سطح کانال زیان زیست محیطی و مخاطره‌ای برای این نوع موجودات ندارد [۷]. مهمترین عوامل موثر در تبخیر آب سطحی کانال عبارتند از: DHI،GDI، دمای هوا، طوبت نسبی، سرعت باد. با استفاده از رابطه تجربی بوتوتائو استفاده می‌شود[۷]:

$$E = 0.403nD^{0.73}(1 + 0.39V) \qquad (۲)$$

که در آن E تبخیر از سطح آب کانال بر حسب mm، n تعداد روزهای ماه، V سرعت باد بر حسب m/s ، و D کمبود هوای اشباع شده است که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = 0.0632(100 - R_h)e^{0.0632(T_a)} \qquad (۳)$$

که در آن Rh رطوبت نسبی بر حسب درصد، و Ta دما بر حسب سلسیوس است. تبخیر به آب از دست رفته در واحد سطح تبدیل می شود. تغییرات آب از دست رفته در مقیاس زمان روزانه با رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W_L = (E * A) * 100\% \qquad (۴)$$

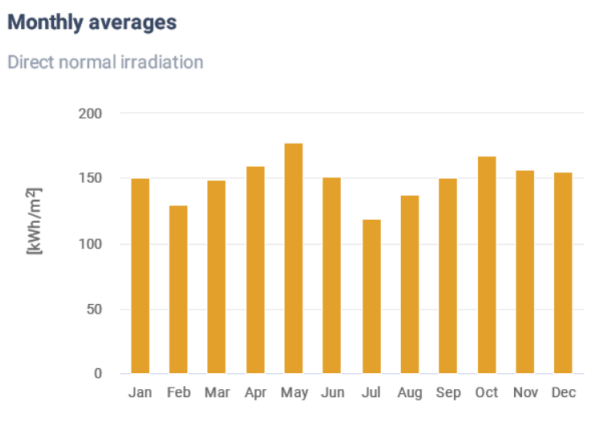
که در آن A مساحت سطح کانال است. کل آب از دست رفته در مقیاس ماهیانه بدست می‌آید. شرایط هیدولوژی شامل نرخ جریان حجمی، سرعت آب، فشار اتمسفر و سرعت باد است [۷]. با فزایش سطح پوشش کانال توسط پانل‌های فوتوولتائیک کیفیت آب موجود د رکانال دستخوش تغییر می‌شود. با توجه به اینکه بخشی از تابش برخورد کرده با صفحات پانل‌های خورشیدی ناشی از برگشت تابش مستقیم از سطح آب هستند، که بستگی به زاویه تابش وارد شده مقدار ضریب البیدو از ۰٫۰۵ تا ۰/۲۲ متغیر است، اما عموما میزان ضریب آلبیدو میانگین در این کانال آب در حدود ۰٫۰۸ است [۴]. کلیه داده‌های مرتبط با اقلیم منطقه شامل سرعت باد، دما، رطوبت نسبی، و .. از ایستگاه هواشناسی شهرستان میناب اخذ شده است.

نتایج

بر اساس نتایج تحقیق، اقلیم منطقه و میزان تابش مستقیم شرایط مناسبی برای نصب پانل‌های خورشید است. منطقه دارای تابش مناسب و ابرناکی بسیار پائینی است و بر اساس نتایج، بیش از ۸ ماه از سال در حدود ۱۰ ساعت تابش خورشید به سطح زمین می‌تابد. گرد و غبار منطقه نیز کم است و این موضوع بهره وری سیستم را افزایش خواهد داد (شکل۵).

شکل۵ : گستره دمائی روزانه در موقعیت مطالعه

میانگین ماهیانه تابش مستقیم در منطقه نشان از مقدار مناسب این تابش برای نصب پانل‌های خورشیدی دارد. بر اساس این برآورد بیشینه مقدار تابش در ماه‌های خرداد و مهر ماه است (شکل۵).



شکل۶ : میانگین تابش ماهیانه بر سطح زمین در موقعیت مورد بررسی

از آنجائیکه در بخش‌های ۱ و۲ میزان سایه‌اندازی بسیار کم می‌باشد، خروجی عملکرد آن مناسب و در حدود ۰٫۷ است. اما در بخش ۳، به علت وجود دیوارهای نخلستان، درختان با ارتفاع بیش از ۴ متر، بهره‌وری پانل‌ها بسیار پائین است (جدول ۵).

جدول ۵: خروجی شبیه‌سازی در مسیرهای متفاوت کانال

	توان تولیدی KW_p	نسبت عملکرد	کاهش بهره وری به علت سایه اندازی
بخش ۱	۵۰۵۲/۳	٪۷۸/۹	٪ ۳/۶ در سال
بخش ۲	۲۷۳/۲	٪۷۶/۱	٪۷/۸ در سال
بخش ۳	۱۰۸/۴	٪۴۲/۴	٪۳۳/۲ در سال

با توجه به داده‌های اقلیمی منطقه، و بر اساس روابط ۱ تا۴، برآورد تبخیر سالیانه بر حسب mm/year در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول۶: میزان تبخیر آب از کانال میناب در سال بر حسب میلیمتر

ردیف	سال	میانگین دما(^{0}C)	میزان تبخیر mm/year
۱	۲۰۱۷	۲۹٫۱۹	۱۷۶٫۷۴
۲	۲۰۱۸	۳۰٫۰۷	۱۸۰٫۷۳
۳	۲۰۱۹	۲۸٫۵۴	۱۷۳٫۷۴
۴	۲۰۲۰	۲۷٫۹۷	۱۷۱٫۱۲
۵	۲۰۲۱	۱۹٫۶۷	۱۳۳٫۲۲

با توجه به ابعاد کانال و طول آن و میانگین تبخیر سالیانه، بر اساس روابط ۱ و ۴ می‌توان گفت سالیانه در حدود ۶۰۰۰ متر مکعب از آب این کانال تنها از طریق تبخیر هدر می‌رود. نتایج پژوهش‌های مشابه نشان داده است که قرار دادن پانل‌ها بر روی کانال تاثیر بسزایی در کاهش این میزان تبخیر دارد. علاوه بر اینکه عبور کانال از زیر سازه این پانل‌ها منجر به کاهش دمای پانل‌ها و در نتیجه بهبود عملکرد و توان خروجی پانل‌ها خواهد شد[۱۴و۱۵]. بر اساس پژوهش‌های میدانی انجام شده و مقایسه بین پانل‌های خورشیدی نصب شده بر روی سیستم‌های کانال و یا حوضچه با سیستم‌های نصب شده بر روی زمین در شرایط اقلیمی یکسان، نشان داده است که بهره‌وری پانل‌های خورشیدی نصب شده بر روی کانال به علت تهویه مناسب هوا موجب بهبود عملکرد و افزایش ۸ تا ۱۰ درصدی عملکرد آن پانل‌ها شده است [۱۵].

نتیجه‌گیری

از آنجائیکه نتایج شبیه‌سازی در بخش‌های ۱ و۲ ، عملکرد مناسبی را نشان می‌دهند، نصب پانل‌های خورشیدی در این بخش مقرون به صرفه می‌باشد. اما در بخش ۳ که منطقه عبور کانال از میان نخلستان‌ها است، به علت کاهش محسوس عملکرد توان خروجی به علت ضریب سایه‌اندازی بزرگ، نصب این پانل‌ها از لحاظ فنی و اقتصادی بهینه نمی‌باشد. خروجی مناسب و بهینه این پانل‌ها در بخش‌های ۱ و۲ منجر به ایجاد انرژی پایدار تجدیدپذیر خواهد شد و مقدار ۵MW انرژی نسبت به نیروگاه‌های مشابه مقدار بسیار مناسب و بهینه‌ای است که علاوه بر تامین بخشی از برق منطقه و کاهش آلایندگی، مزیت اقتصادی مناسبی نیز خواهد داشت. نصب این پانل‌های خورشیدی علاوه بر تولید انرژی چند چالش مهم برای این کانال‌های آبیاری را رفع خواهد نمود که عبارتند از جلوگیری از تبخیر بی‌رویه آب عبوری از کانال به علت شرایط اقلیمی منطقه و همچنین با پوششی که بر روی کانال‌ها و دیواره‌های اطراف قرار داده شده است، خطر سقوط افراد را تا حد بسیاری کاهش خواهد داد. البته بررسی و پایش میدانی آثار نصب پانل‌های خورشیدی بر روی کیفیت آب و میزان مواد موجود در ان یکی از الزامات ضروری است که پیش از هر اقدامی باید انجام شود تا از عدم تاثیر منفی این فرایند در محیط زیست اطمینان حاصل نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله کمال تشکر و قدردانی خود از شرکت آب میناب را اعلام می‌نمایند.

مراجع و منابع

[1] Abdelal, Q., 2021.“Floating PV; an assessment of water quality and evaporation reduction in semi-arid regions”. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 16,pp. 732–739.

[2] Babar, A, H. Aziz, M, H. Akhter, P. Khan, M, U.,2018.” PROPOSAL OF CANAL TOP SOLAR PV FOR EXTRACTION OF SOLAR ENERGY IN PAKISTAN”.*Proceedings of the International Conference on Renewable, Applied and New Energy Technologies* ICRANET-2018, 19-22 November, Air University, Islamabad, Pakistan.

[3] El Baradei, Sh., Al Sadeq, M., 2020.” *Effect of Solar Canals on Evaporation, Water Quality, and Power Production: An Optimization Study*”. Water 2020, 12, 2103; doi:10.3390/w12082103.

[4] Dahlen, S.,2018.” The Future of Solar Energy in Marine Applications”. MS Thesis, University of Arcitic of Norway,

[5] Pandey, A. Chakrabarti, S. Daghe, P.2019,” A systematic approach for a better thermal management of photovoltaic systems- A review”. *Journal of Computational and Applied Research in Mechanical Engineering*, 10(1), pp.1-24.

[6] Fontenault, B, J. Miravete, E, G. 2012, “Modeling a Combined photovoltaic-Thermal Solar Panel”, COMOSOL conference, Boston.

[7] Augustin, D. Chacko, R. Jacob, J. 2016,” Canal Top Solar Energy Harvesting using Reflector” ,*GRD Journal for Engineering*, 1(8), pp.26-31.

[۸] جوادی زاده، فرشاد، کردوانی، پرویز، علیجانی، بهلول، اسدیان، فریده، ۱۳۹۹." سازی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب تحت سناریویRCP با استفاده از مدل SWAT (مطالعه موردی: حوضه رودخانه میناب)"، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، دوره یازدهم، شماره ۴۲، صفحات ۴۳ تا ۵۷.

[۹] زارعی، جعفر، عطائی، هوشمند، ۱۳۹۷. " بررسی تاثیر تغییر اقلیم و خشکسالی های دو دهه اخیر دشت میناب بر شکستگی های زمین"، *سیزدهمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری*، کرمان.

[10] Zarezadeh, M., 2023. “Feasibility Construction of a 4 MW PV Power Plant to Provide Sustainable Electricity to Bandar Abbas Industrial Estat”. *Journal of Solar Energy Research (JSER)*, 8(1), January, pp. 1250-1263 .DOI: 10.22059/jser.2022.349199.1256.

[11] Zahedi, R. Sadeghitabar, M. Ahmadi, A. “Solar energy potential assessment for electricity generation on the south-eastern coast of Iran”, *Future Energy*, 2023, (2)1,pp-15-22, DOI: 10.55670/fpll.fuen.2.1.3

[12] http://minabcity.ir/fa-IR,

[13] Sasmanto, A, A. Dewi, T. Rusdiansari,.2020.” Eligibility Study on Floating Solar Panel Installation

over Brackish Water in Sungsang, South Sumatra", *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, 8(1), June, pp. 240-255 DOI : 10.24003/emitter.v7i2.514,

[14] M.S.Govardhanan, G.Kumarguruparan, M.Kameswari, R.Saravanan, M.Vivar, K.Srithar," Photovoltaic Module with Uniform Water Flow on Top Surface", International Journal of Photoenergy Volume 2020, Article ID 8473253, 9 pages, https://doi.org/10.1155/2020/8473253,

[15] S.O.Pinto, J.Stokkermans, "Marine floating solar plants: an overview of potential, challenges and feasibility", Maritime Engineering 173(4): 120–135, https://doi.org/10.1680/jmaen.2020.10,