

چهاردهمین کنفرانس
دینامیک شاره‌ها

۱۲ الی ۱۴ بهمن ۱۳۹۱

دانشگاه بیرجند
دانشکده مهندسی - گروه مکانیک



شماره: FD2012-1460
تاریخ: 1391/2/12

باسمه تعالی

گواهی ارائه مقاله

بدینوسیله گواهی می‌شود مقاله با عنوان:

بررسی آزمایشگاهی اثر غلظت نمک بر نرخ تبخیر در سرعت‌های مختلف هوا

توسط نویسندگان:

بنت الهدی اصلانی، محمد مقیمان

در چهاردهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها ارائه شده است. ضمن تشکر از مشارکت در این کنفرانس، توفیق روز افزون ایشان را در عرصه‌های علمی از خداوند منان خواستارم.

دکتر سید علی میربزرگی

دبیر چهاردهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها

دیرخه: بیرجند - اتهای بلور شهید آوینی - دانشگاه بیرجند - دانشکده مهندسی - تلفن: ۰۶۱-۲۵۰۲۶۶ - Website : www.fd2012.ir - Email : info@fd2012.ir

بررسی آزمایشگاهی اثر غلظت نمک بر نرخ تبخیر در سرعت‌های مختلف هوا

محمد مقیمان

استاد مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد
MMoghiman@yahoo.com

بنت الهدی اصلانی

دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک
دانشگاه فردوسی مشهد
Aslani_Hoda@yahoo.co.in

چکیده

با توجه به کمبود منابع آبی و هدررفت منابع عظیم آب و انرژی در تبخیر، تحقیق در این زمینه حائز اهمیت است. در این مقاله، نتایج تحقیق آزمایشگاهی اثر غلظت محلول نمک بر تبخیر در سرعت‌های مختلف هوا ارائه شده است. نتایج آزمایشگاهی بدست آمده از تبخیر آب خالص به کمک نتایج حاصل از روش‌های بالانس انرژی، پنمن و دالتون اعتبارسنجی گردیده اند. همچنین روابط تجربی محاسبه نرخ تبخیر محلول آب نمک و نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده اند. نتایج، کاهش نرخ تبخیر را بر اثر افزایش غلظت نمک در آب، به علت کاهش فشار بخار تعادلی مایع، نشان داده است. همچنین نتایج نشان داده اند، افزایش سرعت ابتدا سبب افزایش نرخ تبخیر و پس از آن با گذر از سرعت بحرانی، منجر به کاهش نرخ تبخیر شده است. نتایج آزمایشات حاکی از اثر غلظت نمک در محلول، بر سرعت بحرانی بوده به طوری که با افزایش غلظت نمک، سرعت بحرانی نیز افزایش یافته است. با توجه به داده‌های آزمایشگاهی، روابط تعیین میزان نرخ تبخیر در غلظت‌های مختلف محلول نمک در جریان هوای آزاد، تصحیح و رابطه چندجمله‌ای از مرتبه دو استخراج گردیده است.

کلمات کلیدی: تبخیر - غلظت نمک - دالتون - پنمن - بالانس انرژی

بررسی آزمایشگاهی اثر غلظت نمک بر نرخ تبخیر در سرعت های مختلف هوا

محمد مقیمان

استاد مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد
MMoghiman@yahoo.com

بنت الهدی اصلانی

دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک
دانشگاه فردوسی مشهد
Aslani_Hoda@yahoo.co.in

چکیده

با توجه به کمبود منابع آبی و هدررفت منابع عظیم آب و انرژی در تبخیر، تحقیق در این زمینه حائز اهمیت است. در این مقاله، نتایج تحقیق آزمایشگاهی اثر غلظت محلول نمک بر تبخیر در سرعت های مختلف هوا ارائه شده است. نتایج آزمایشگاهی بدست آمده از تبخیر آب خالص به کمک نتایج حاصل از روش های بالانس انرژی، پنمن و دالتون اعتبارسنجی گردیده اند. همچنین روابط تجربی محاسبه نرخ تبخیر محلول آب نمک و نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده اند. نتایج، کاهش نرخ تبخیر را بر اثر افزایش غلظت نمک در آب، به علت کاهش فشار بخار تعادلی مایع، نشان داده است. همچنین نتایج نشان داده اند، افزایش سرعت ابتدا سبب افزایش نرخ تبخیر و پس از آن با گذر از سرعت بحرانی، منجر به کاهش نرخ تبخیر شده است. نتایج آزمایشات حاکی از اثر غلظت نمک در محلول، بر سرعت بحرانی بوده به طوری که با افزایش غلظت نمک، سرعت بحرانی نیز افزایش یافته است. با توجه به داده های آزمایشگاهی، روابط تعیین میزان نرخ تبخیر در غلظت های مختلف محلول نمک در جریان هوای آزاد، تصحیح و رابطه چندجمله ای از مرتبه دو استخراج گردیده است.

کلمات کلیدی: تبخیر - غلظت نمک - دالتون - پنمن - بالانس انرژی

فهرست علائم

E	میزان تبخیر،	cm/day
e	فشار بخار،	kPa
L	گرمای نهان تبخیر،	kJ/kg
QN	تابش خالص،	kJ/kg
QV	حرارت جابجایی خالص،	kJ/kg
Q θ	افزایش خالص در انرژی ذخیره شده،	kJ/kg
P	فشار اتمسفریک،	kPa
S	درصد وزنی نمک	
T	دما،	C
V	سرعت باد در سطح،	m/s
γ	ثابت سایکرومتریکی،	kPa/C
Δ	شیب منحنی فشار بخار بر حسب دما،	kPa/C
ρ	چگالی،	kg/m ³
a	زیرنویس هوا	
p	آب خالص	
s	اشباع	
sal	محلول نمکی	
w	آب	

1. مقدمه

تبخیر فرآیندی همراه با تغییر فاز بوده و از نقطه نظر انتقال جرم و انرژی، اهمیت بالایی دارد [1]. در محیط های صنعتی از تبخیر در تولید برودت، خشک کردن محصولات، احتراق سوخت های فسیلی و غیره استفاده می گردد. در محیط های طبیعی اغلب تبخیر ناخواسته از آب دریاچه پشت سد ها، استخر های خورشیدی و مزارع کشاورزی موجب از

دست رفتن آب و انرژی می‌گردد. در مناطق خشک جهان از جمله ایران، پژوهش در زمینه روش‌های کاهش تبخیر آب بسیار حائز اهمیت است. همواره تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تبخیر و همچنین اثر ناخالصی بر نرخ آن در جریان هوای آزاد انجام شده است [2]. تاکنون مطالعات، تنها مجموعه‌ای از روابط پیچیده و تقریباً غیردقیقی را در اختیار گذاشته‌اند. از جمله تحقیقات می‌توان به مدل سازی تبخیر از آب دریاچه نمک [3]، تخمین تبخیر آب مرداب [4]، اثر سرعت هوا بر نرخ تبخیر در استخر آب [5]، بررسی اثر شوری بر تبخیر [6]، اشاره نمود. با توجه به اهمیت تبخیر و کاربرد فراوان و روزمره‌ی آن، نیاز به تحقیقات گسترده‌تر در این زمینه همچنان احساس می‌شود. تاکنون اثر غلظت نمک بر تبخیر، در جریان طبیعی و آزاد هوا بررسی شده است و اثر سرعت‌های مختلف هوا و جریان اجباری بر میزان نرخ تبخیر محلول نمک در تحقیقات لحاظ نشده است. هدف اصلی در این مقاله، تحقیق اثر غلظت‌های مختلف نمک و سرعت‌های متفاوت هوا بر نرخ تبخیر آب به روش اندازه‌گیری آزمایشگاهی می‌باشد. همچنین این مقاله، به مقایسه نتایج آزمایشگاهی با روابط پیشنهادی دانشمندان پیشین در جریان هوای آزاد و نیز توسعه و اصلاح رابطه‌ی تعیین میزان نرخ تبخیر در غلظت‌های مختلف نمک، پرداخته است.

2. روابط تحلیلی و تجربی محاسبه نرخ تبخیر

به طور کلی، افزایش تبخیر به معنای افزایش فشار بخار تعادلی مایع، کاهش فشار جزئی تعادلی مایع در محیط و افزایش نرخ انتقال از حالت مایع به گاز می‌باشد [7].

افزایش سرعت باد در سطح مایع، با دور راندن فاز بخار، نرخ تبخیر را افزایش می‌دهد. این افزایش سرعت تا رسیدن به سرعت بحرانی ادامه دارد. سرعت بحرانی، سرعتی است که در آن با افزایش میزان سرعت و مومنتوم، انرژی جنبشی در سطح آب به حدی می‌رسد که سبب جابجایی لایه‌های آب شده و مانع‌هایی در مقابل باد در سطح بوجود می‌آید و پس از عبور از این سرعت، نرخ تبخیر به علت ایجاد تله‌های بخار در سطح آزاد آب و اثر این تله‌ها در ممانعت از فرار مولکول‌های اشباع کاهش می‌یابد. این سرعت تا حد زیادی تابع اندازه سطح آب می‌باشد [2].

روابط تقریبی مهم در محاسبه نرخ تبخیر آب روش‌های دالتون، بالانس جرم، پنمن و روش اصلاح شده آن است که به طور خلاصه به آن‌ها اشاره می‌شود.

روش دالتون¹: در این روش، محاسبه نرخ تبخیر به کمک پارامترهایی که در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود و همچنین با استفاده از روش توده آیرودینامیکی، صورت می‌گیرد. ثوابت C_1 و C_2 در این روش به ترتیب $1/182$ و $0/284$ می‌باشند [8].

$$E_p = (C_1 + C_2 V) * (e_s - e_a) \quad (1)$$

روش بالانس انرژی: روش استاندارد بالانس انرژی، با در نظر گرفتن انرژی ورودی و خروجی و نیز انرژی ذخیره شده در آب در فاصله زمانی معین، نرخ تبخیر آب را تخمین می‌زند. این روش نتایج مطلوبی را با خطای از مرتبه 5% و در دوره زمانی کمتر از یک هفته ارائه می‌دهد. در دوره‌های زمانی کوتاه از مقادیر Q_v و Q_θ ، صرف نظر می‌شود.

¹. Dalton

$$E_p = \frac{QN + QV - Q\theta}{\rho L (1 + \beta)} \quad (2)$$

که در آن β نسبت باون² است و به صورت زیر تعریف می شود [9]:

$$\beta = 6.1 * 10^{-4} * P \frac{T_w - T_a}{e_s - e_a} \quad (3)$$

روش پنمن³: این روش ترکیبی از روش انتقال جرم و روش بالانس انرژی است و شامل دو ترم انرژی و ترم آیرودینامیکی می باشد. اساس این روش بر انرژی خورشیدی ورودی به سیستم استوار است. این روش بسیار معتبر بوده و نیاز چندانی به اطلاعات آب و هوایی ندارد. رابطه تعیین میزان نرخ تبخیر در این روش به صورت زیر بوده و ثوابت a و b در آن 6/43 و 3/4079 می باشند [10]:

$$E_p = \frac{1}{\rho L} \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} QN + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} (a + bV) * (e_s - e_a) \right] \quad (4)$$

معادلات اصلاح شده ی پنمن: این معادلات شامل روش پریستلی-تیلور⁴ و د-برین⁵، هستند. روش پریستلی-تیلور تبخیر را با تابعی از ترم انرژی فرمول پنمن تخمین می زند و ترم های آیرودینامیکی را در دوره زمانی مناسب، به صورت کسر ثابتی از کل تبخیر لحاظ می نماید. در استفاده از این معادله، داده های مربوط به سرعت باد، نیازی نیست. فرم معادله پریستلی-تیلور به صورت زیر می باشد:

$$E_p = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{QN}{\rho L} \quad (5)$$

که در آن α پارامتری تجربی مساوی 1/26 بوده و معادل است با این که توزیع ترم آیرودینامیکی 21% از تبخیر کل باشد [11]. روش د-برین، تابعی از ترم آیرودینامیک معادله پنمن است و در استفاده از این معادله، داده های مربوط به تابش و تغذیرات محتویات گرمایی دریاچه نیاز نبوده و ثوابت a و b در آن مقادیر مربوطه در روش پنمن و α در روش پریستلی-تیلور را دارا می باشند [12].

$$E_p = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \frac{(a + bV)(e_s - e_a)}{\rho L} \quad (6)$$

2-1. روابط محاسبه نرخ تبخیر محلول آب نمک

با افزودن ناخالصی، فشار بخار تعادلی مایع کاهش یافته و در نتیجه از نرخ تبخیر کاسته می شود. یکی از افزودنی های متداول، بی خطر و دردسترس نمک است. در گذشته رابطه میزان تبخیر محلول آب نمک بر حسب غلظت نمک، به صورت خطی و بعدها به صورت نمایی ارائه شده است.

مهمترین روابط در محاسبه نرخ تبخیر محلول آب نمک عبارتند از رابطه ی خطی، رابطه ی نمایی و معادله بالانس جرم آب و نمک. معادله بالانس جرم آب و نمک: در این روش که روشی تحلیلی است، با استفاده از مدلی به منظور محاسبه جریان ذخیره شده و سرعت خروجی و

². Bowen's ratio

³. Penman

⁴. Priestley - Taylor

⁵. De - Bruin

نمک موجود در دریاچه و غلظت نمک خروجی، شبیه سازی صورت گرفته و روابط تحلیلی تعیین میزان نرخ تبخیر استخراج گردیده است [13]. رابطه خطی: رابطه ی تجربی زیر، نرخ تبخیر آب نمک را بر حسب غلظت نمک آب دریاچه ارائه می کند. این رابطه، کسر تبخیر⁶ را به صورت زیر گزارش می نماید [14]:

$$FE = \frac{E_{sal}}{E_p} = 1.0 - 2.2 * S \quad (7)$$

به کمک روابط ارائه شده در محاسبه نرخ تبخیر و استفاده از کسر تبخیر یا FE، نرخ تبخیر از محلول نمک با غلظت S قابل محاسبه خواهد بود.

رابطه نمایی: رابطه ای نمایی محاسبه نسبت تبخیر محلول آب نمک به تبخیر از آب خالص را بر حسب غلظت نمک محاسبه می کند [2]:

$$FE = \frac{E_{sal}}{E_p} = 1.025 - 0.0246 * \exp(8.79 * S) \quad (8)$$

3. شرح دستگاه و روش آزمایش

آزمایشات در غلظت های مختلف نمک در آب صورت گرفته و میزان تبخیر در هر یک از آن ها در سرعت های متفاوت هوا و همچنین جزیان هوای آزاد اندازه گیری شده است.

دمای آب مساوی 20 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 30 درصد در نظر گرفته شده و دمای هوا در این آزمایش در 40 درجه سانتی گراد تنظیم گردیده است. در طول آزمایش مکرراً کلید دماها به کمک دماسنج با دقت 1 درجه سانتی گراد و سرعت باد توسط سرعت سنج با دقت 0/1 متر بر ثانیه سنجیده شده اند.

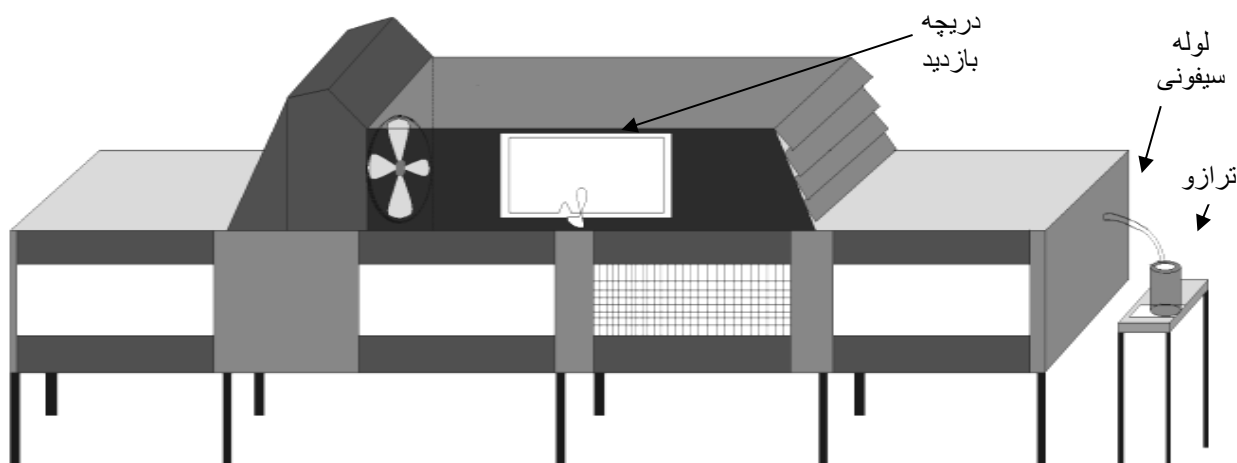
آزمایشات در کانالی با مقطع مستطیلی و به ابعاد 0/5 در 0/6 و طول 10 متر، مجهز به فن با قابلیت تنظیم سرعت و سنسور های حساس دما و رطوبت نسبی انجام شده است. در این تونل المنت های مارپیچ در کف کانال، به منظور گرمایش یکنواخت آب و المنت های دیگری در مجاورت هوای خروجی از فن جهت گرمایش هوا تعبیه شده اند.

سنسورهای رطوبت، رطوبت را در دو نقطه ی ابتدا و انتها گزارش نموده و همچنین دماسنج ها نیز دمای هوا را در نقاط ورود و خروجی هوا اندازه گرفته اند و نیز دمای آب به منظور بررسی توزیع یکنواخت دما و کاهش خطا در گزارش آن، توسط چهار دماسنج اندازه گیری شده اند.

محاسبه کاهش جرم آب در کانال تبخیر، بوسیله اتصال کانال با یک ظرف آب توسط یک لوله سیفونی می باشد. نحوه عمل بدین گونه است که با تبخیر آب موجود در کانال، سطح آب استخر پایین آمده و سبب کاهش فشار در لوله مرتبط می-شود که این کاهش فشار توسط مکش از آب ظرف قرار گرفته روی ترازو، جبران خواهد شد. برای پیدا کردن ثابت تناسب جرم های مشخصی از آب کانال در ارتفاع های مختلف آب، از آن خارج شده و تغییرات ایجاد شده در ترازو ثبت شده است. میزان جرم آب تبخیر شده در زمان های مشخص، توسط ترازوی دیجیتال با دقت 0/1 گرم اندازه گیری گردیده است. شکل 1 شماتیک دستگاه آزمایش را نشان می دهد.

⁶ . Fraction of evaporation

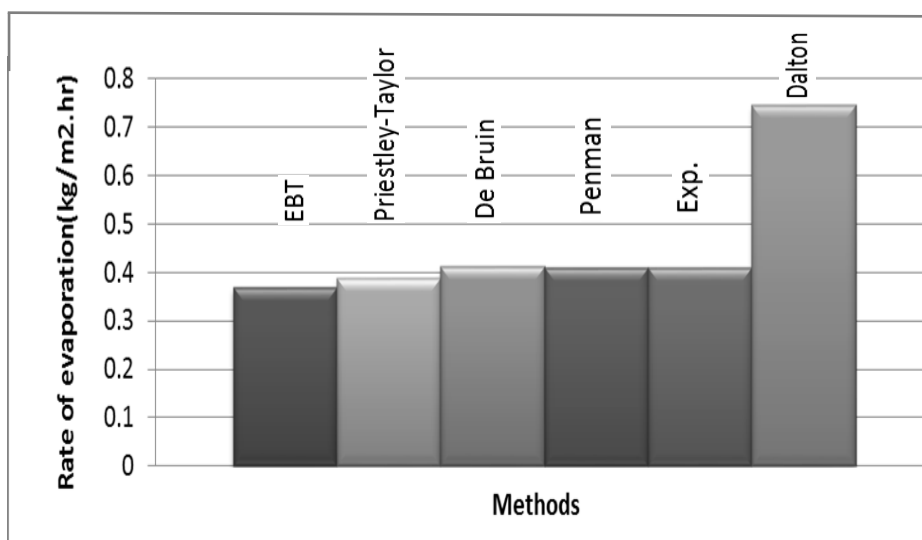
آزمایش در سرعت‌های مختلف هوا مساوی 3، 2/2، 1/6 و 1 متر بر ثانیه و همچنین در جریان هوای آزاد صورت گرفته است. آزمایشات در آب خالص و نیز غلظت‌های مختلف نمک از 5 تا 28% صورت گرفته است. این مقادیر در محدوده غلظت نمک آب دریا و محلول اشباع نمک می‌باشند.



شکل 1. شماتیک دستگاه آزمایش

4. نتایج و نمودارها

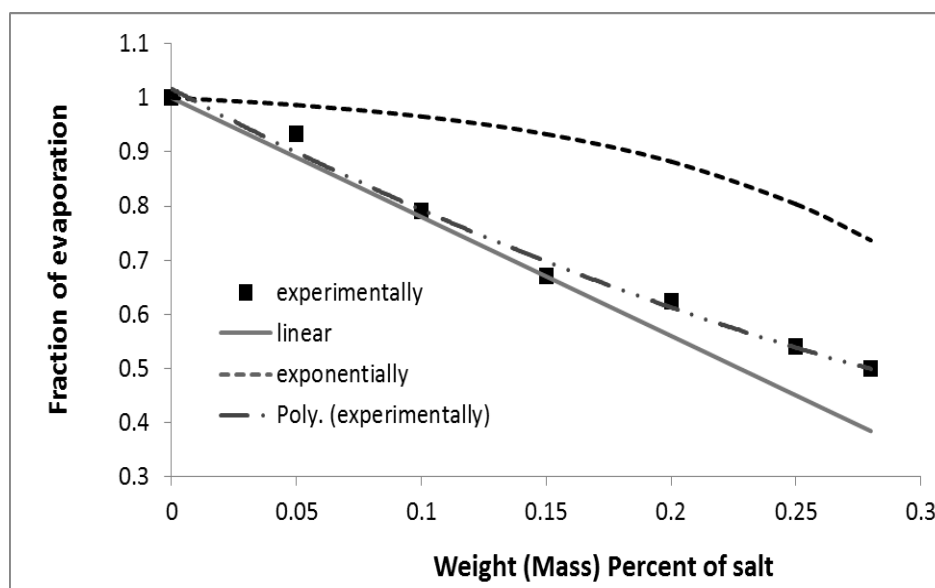
به منظور بررسی داده‌های آزمایشگاهی و مقایسه با روابط تجربی، نتایج تبخیر از آب خالص در هوای آزاد در شکل 2 ارائه شده‌اند. این شکل نشان می‌دهد رابطه پهن، روش‌های اصلاح شده پهن و بالانس انرژی تطابق بالایی با داده‌های آزمایشگاهی دارند و در مقابل روش دالتون خطای زیادی را در این آزمایش گزارش می‌کند زیرا این روش معمولاً در دوره‌های بلند مدت چند ماهه و نرخ‌های تبخیر بزرگ مانند تبخیر از دریاچه‌ها کاربرد داشته و انتخاب این روش در این آزمایش مقادیر قابل قبولی را ارائه نمی‌دهد.



شکل 2. مقایسه نتایج آزمایشگاهی و روابط تحلیلی و تجربی تعیین نرخ تبخیر در جریان هوای آزاد در آب خالص بدون حضور نمک

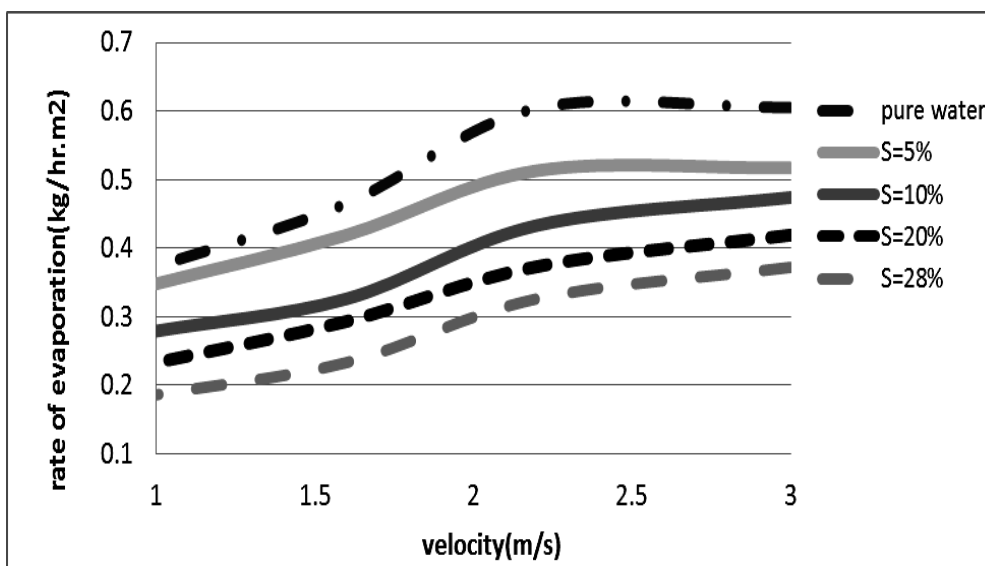
شکل 3 نرخ تبخیر محلول آب نمک را در درصد های جرمی مختلف در جریان هوای آزاد نشان می دهد. نتایج روابط 7 و 8 در مراجع [2 و 14] و نتایج آزمایشگاهی با یکدیگر مقایسه شده اند. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود با افزایش غلظت نمک، داده های آزمایشگاهی و نتایج روابط 7 و 8، اختلاف بیشتری یافته اند. در غلظت های پایین نمک، نتایج آزمایشگاهی تا حدی بر نمودار خطی منطبق بوده و در غلظت های بالا، داده های آزمایشگاهی، مقادیری بین نتایج دو رابطه ارائه می دهند. لذا با توجه به اعداد بدست آمده از این آزمایش، رابطه ای از درجه دو میان نسبت تبخیر محلول آب نمک و آب خالص، استخراج گردید.

$$FE = \frac{E_{sal}}{E_p} = 2.1395 * S^2 - 2.4473 * S + 1.0164 \quad (9)$$



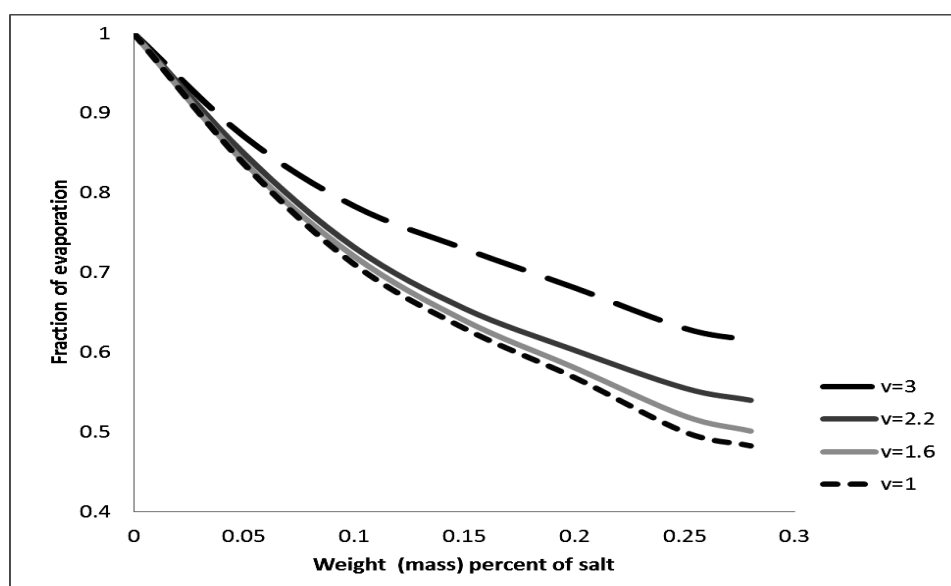
شکل 3. اثر غلظت های مختلف نمک بر نرخ تبخیر در هوای آزاد

شکل 4 نرخ تبخیر آب را در محلول آب نمک در سرعت های مختلف هوا نشان می دهد. با افزایش غلظت نمک تا غلظت اشباع در محلول، نرخ تبخیر کاهش می یابد. همچنین نمودار نشان می دهد با افزایش سرعت هوا، نرخ تبخیر افزایش می یابد. این افزایش نرخ تبخیر تا رسیدن به سرعت بحرانی ادامه می یابد و پس از آن تبخیر کاهش می یابد. با توجه به نمودار، مشاهده می شود با افزایش غلظت نمک، سرعت بحرانی نیز افزایش می یابد. زیرا با افزایش غلظت نمک، وزن مخصوص محلول بیشتر شده و در نتیجه، نیرو و انرژی جنبشی لازم برای ایجاد تله های بخار در سطح بیشتر می شود. لذا تشکیل تله های بخار به تعویق افتاده و نیاز به سرعت های بالاتری داشته و سرعت بحرانی بیشتر می شود.



شکل 4. اثر سرعت هوا بر نرخ تبخیر در غلظت‌های مختلف محلول نمک

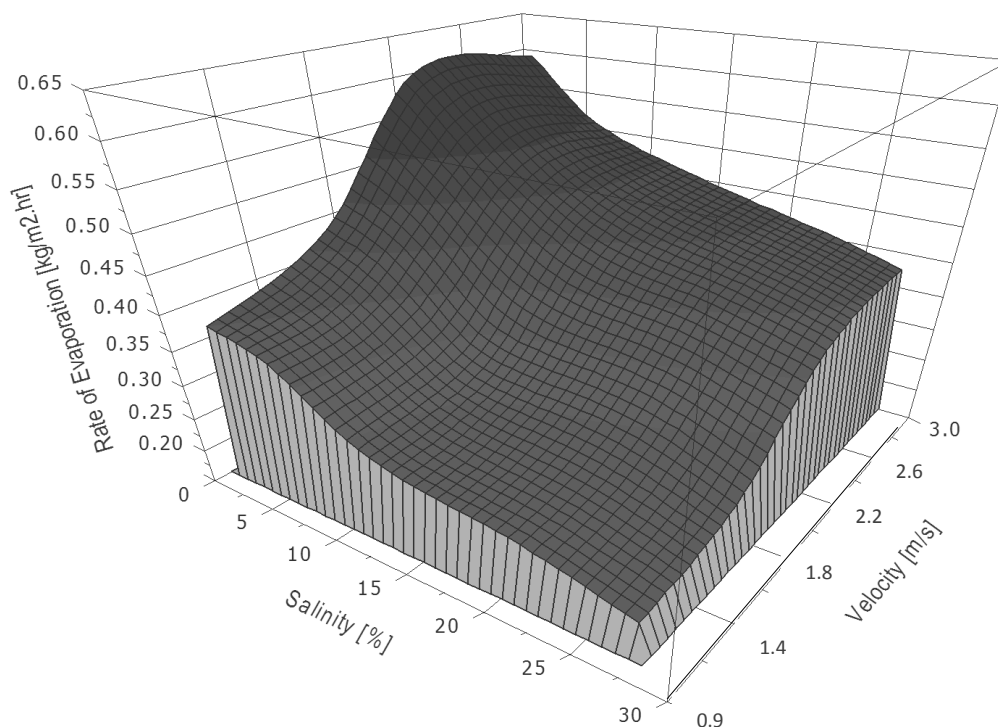
شکل 5 نمودار کسر تبخیر را در غلظت‌های مختلف نمک نشان می‌دهد. با افزایش غلظت نمک کسر تبخیر از مقدار یک در غلظت صفر، کاهش می‌یابد. در غلظت‌های کم نمک، کسر تبخیر در سرعت‌های مختلف تفاوت چندانی با هم نداشته و با افزایش غلظت نمک تا غلظت اشباع، کسر تبخیر در سرعت‌های مختلف اختلاف بیشتری پیدا می‌کند به طوری که در سرعت‌های بالا، میزان کسر تبخیر بیشتر می‌شود.



شکل 5. تغییرات کسر تبخیر بر حسب غلظت نمک

شکل 6 اثر همزمان سرعت‌ها و غلظت‌های مختلف نمک را بر نرخ تبخیر نشان می‌دهد. در شکل دیده می‌شود افزایش غلظت نمک سبب کاهش نرخ تبخیر و افزایش سرعت سبب افزایش نرخ تبخیر می‌گردد. در تبخیر از آب خالص مشاهده می‌شود با افزایش سرعت به بیش از $2/4$ متر بر ثانیه، نرخ تبخیر کاهش می‌یابد. لذا از سرعت $2/4$ متر بر ثانیه در این شرایط به عنوان سرعت بحرانی یاد می‌شود و با افزایش سرعت از این مقدار، نرخ تبخیر کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت نمک سرعت

بحرانی افزایش می‌یابد به طوری که در محلول اشباع نمک، سرعت بحرانی از 3 متر بر ثانیه هم فراتر می‌رود.



شکل 6. تغییرات نرخ تبخیر در غلظت‌های مختلف نمک در سرعت‌های مختلف هوا

5. نتیجه‌گیری

در این مقاله اثر غلظت نمک در آب بر میزان تبخیر در سرعت‌های مختلف هوا به روش اندازه‌گیری آزمایشگاهی تحقیق شده است. نتایج مهم به دست آمده از این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- افزایش غلظت نمک در آب، اثر قابل توجهی بر کاهش نرخ تبخیر دارد.
- افزایش سرعت هوا ابتدا موجب افزایش تبخیر می‌شود لیکن در سرعت‌های بالاتر از سرعت بحرانی، افزایش سرعت هوا منجر به کاهش نرخ تبخیر می‌شود.
- با افزایش غلظت نمک در محلول آب نمک، سرعت بحرانی افزایش می‌یابد.
- رابطه‌ی چندجمله‌ای از مرتبه دو، در غلظت‌های مختلف نمک و جریان هوای آزاد، رابطه مناسبی در تعیین میزان نرخ تبخیر است.
- روش بالانس انرژی، پهن و اصلاحات آن روش‌های مناسبی در تخمین نرخ تبخیر در دوره‌های کوتاه مدت و در مقیاس‌های کوچک هستند.

مراجع

[1] Linsley, R. K., J. B. Franzini, et al. 1992, Water-Resources Engineering, McGraw-Hill Book.

- [2] Leaney, F., & Christen, E., 2000, On-Farm and community-scale salt disposal basins on the riveine plain: Evaluating the leakage rate, disposal capacity and plume development, CRC for catchment hydrology.
- [3] Ali, H., Madramootoo, C.A., and Abdel Gwad, S., 2001, Evaporation model of Lake Qaroun as influenced by lake salinity, *Irrigation and Drainage*, 50, pp. 9 -17.
- [4] Asmar, B.N., Ergenzinger, P., 1999. Estimation of evaporation from dead sea. *Hydrological processes*, 13, pp. 2743-2750.
- [5] Moghiman, M., Jodat, A., 2007, Effect of air velocity on water evaporation rate in indoor swimming pools, *International Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 8, No.1.
- [6] سمیرا امیدی، بیژن قهرمان، 1387، نگرشی مجدد در مورد تاثیر شوری بر تبخیر، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره 15، جلد 3.
- [7] Mark Coleman, 2000 , Review and Discussion on the Evaporation Rate of Brines, EPRI Research Project, WA 6123
- [8] Knapp, H.V., 1985, *Handbook of Applied Meteorology*, John Wiley and Sons, New York
- [9] Brutsaert, W. *Evaporation into the atmosphere theory, history and applications*, 1st ed., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, Chap. 6, pp. 128– 163.
- [10] Kashyap, P.S., Panda, R.K., 2001, Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region, *Agricultural Water Management*, 50, pp.9-25.
- [11] Priestley, C. and Taylor, R., 1972, On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters, *Monthly Weather Review*, Vol. 100 (2), pp. 81-92.
- [12] Soutana K. Gianniou, Vassilis Z. Antonopoulos, Comparison of Different Evaporation Estimation Methods Applied To Lake Vegoritis, Greece, 13
- [13] Yadav, B. K., Keshari, A. K., 2006, A Coupled Mathematical Water and Salt Balance Model of Flat Bay, *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, Vol. 4, No. 2, pp. 49- 55.
- [14] Amer, M. H., 1992, Fayoum Oasis of Egypt, Water Research Center, El Kanater, Egypt