

فصل پنجم - تبخیر و تعرق

۵-۱- مقدمه

تبخیر پدیده‌ای است که بوسیله آن آب یا یخ به گاز تبدیل می‌شود. تبدیل یخ به بخار را تصعید می‌گویند. در این پدیده آزاد شدن مولکول‌های آب و وارد شدن آنها در اتمسفر اتفاق می‌افتد. در طبیعت انتشار بخار آب از یک سطح مرطوب یا سطح آزاد آب (اعم از حالت مایع یا جامد) در درجه حرارتی پایین‌تر از نقطه جوش آب هم اتفاق می‌افتد.

تعرق یک پدیده فیزیولوژیکی است و به گیاه مربوط می‌شود. با توجه به اینکه قسمتی از آبهای مربوط به بارش در خاک نفوذ می‌کند و سپس توسط ریشه گیاهان جذب و به صورت تعرق به هوا برمی‌گردد، در هیدرولوژی برای حوزه آبریز تبخیر و تعرق را با هم بررسی می‌کنند و به آن تبخیر و تعرق (Evapotranspiration) می‌گویند.

تبخیر و تعرق جزء اصلی سیکل هیدرولوژی در حوزه آبریز است و به عوامل متعددی بستگی دارد که عبارتند از:

- درجه حرارت هوا و آب
- تابش نور خورشید
- رطوبت هوا
- سرعت جریان باد
- فشار هوا
- ارتفاع از سطح دریای آزاد
- وجود نمک‌های محلول در آب

مقدار تبخیر و تعرق در اطراف خط استوا حداکثر و در قطبین حداقل و گاهی به صفر می‌رسد.

تبخیر از سطح خاک مرطوب در یک هوای یکسان کمتر از تبخیر از سطح آزاد آب است. هر اندازه خاک سنگین‌تر (از نظر بافت) باشد مقدار تبخیر با گذشت زمان کمتر می‌شود.

تبخیر پدیده فیزیکی است که در سطح آزاد آب و خاک صورت می‌گیرد. تعرق پدیده‌ای است که آب را از طریق اندامهایی در ریشه گیاه از خاک جذب و سپس از طریق آوندهای موجود در ساقه به برگ‌ها و نهایتاً به صورت تعرق در سطح روزنه‌های موجود در برگ‌ها خارج می‌کند. در اثر تعرق مقدار آب در سلول‌های گیاهی در سطح برگ‌ها کم می‌شود و باعث افزایش نیروی مکش در گیاه می‌شود. در ریشه گیاه آب از خاک جذب شده و سلول به سلول منتقل می‌شود. این نیرو باعث می‌شود که آب در جهت مخالف نیروی ثقل حرکت کند. این نیرو را پتانسیل آب در سلول گیاهی می‌گویند و از رابطه (۵-۱) حساب می‌شود.

$$\Psi = O + P + Z \quad (5-1)$$

که در آن Ψ مجموع پتانسیل آب در گیاه، O پتانسیل اسمزی و P پتانسیل فشار دیواره‌های سلول گیاه و Z نیروی ثقل است.

۵-۲- تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی

تبخیر و تعرق پتانسیل وقتی اتفاق می‌افتد که رطوبت کافی چه از طریق خاک و چه از طریق بارش و در همه زمان در اختیار گیاه باشد تا عمل تبخیر از سطح آزاد و یا تعرق از طریق گیاه صورت گیرد.

تبخیر و تعرق واقعی مقدار تبخیر و تعرقی است که بصورت واقعی از سطح آب و یا از گیاه در شرایط واقعی اتفاق می‌افتد.

۵-۴- اندازه‌گیری تبخیر

اندازه‌گیری تبخیر به طور مرسوم توسط تشتک تبخیر و از جمله تشتک کلاس A (شکل ۵-۱) و نوع کالرادو (شکل ۵-۲) صورت می‌گیرد.

برای تبدیل مقدار تبخیر از سطح آزاد از روی آمار تشتک تبخیر از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$E = K(E_{pan}) \quad (2-5)$$

که در آن E تبخیر از سطح آزاد مثل دریاچه و سطح مخزن، (E_{pan}) تبخیر از سطح تشتک و K یک ضریب ثابت به نام ضریب تشت است که برای کلاس A حدود ۰/۵۸ تا ۰/۷۸ و به طور متوسط ۰/۷۵ می‌باشد. این ضریب در ماه‌های مختلف تغییر می‌کند.

۵-۴- اندازه‌گیری تبخیر و تعرق

اندازه‌گیری تعرق بطور مستقل کار ساده‌ای نیست و تفکیک آن از تبخیر بسیار مشکل است به همین منظور مجموع این دو را باهم اندازه‌گیری می‌کنند. برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق از روش لایسیمتری (Lysimeter) استفاده می‌شود. یک لایسیمتر ممکن است از یک گلدان ساده تا دستگاه‌های کامل و با ابزار دقیق تشکیل شود. دقیق‌ترین نوع آن لایسیمتر وزنی است که بوسیله آن مقدار آبی که بصورت تبخیر و تعرق از مجموع خاک و گیاه و یا لایسیمتر خارج می‌شود، از طریق مقایسه توزین مقادیر قبل و بعد بدست می‌آید

۵-۵- روش‌های برآورد تبخیر از سطح آزاد آب

برآورد مقدار تبخیر از سطح آزاد آب به عنوان یک مؤلفه مهم در سیکل هیدرولوژی است که بایستی در محاسبات هیدرولوژیکی انجام شود. چندین روش برای برآورد تبخیر از سطح آزاد ارائه شده است.

۵-۵-۱- روش پیلان آب

این روش بخصوص در مورد دریاچه‌ها و یا مخازن و برکه‌ها که سایر عوامل معادله پیلان قابل اندازه‌گیری است بکار می‌رود. رابطه پیلان به صورت زیر قبلاً بیان شده است.

$$E = P + (I - O) - \Delta S \quad (3-4)$$

که در آن E مقدار تبخیر، P بارش، I ورودی به دریاچه یا مخزن، O خروجی از دریاچه یا مخزن (بصورت خروجی مستقیم و یا نشت و نفوذ) و ΔS تغییرات حجم آب در مخزن در دوره زمانی مورد محاسبه مثل سال، ماه، هفته و روز می‌باشد.

۵-۵-۲- روش پیلان انرژی

انرژی که در سطح زمین صرف تبخیر می‌شود، بخشی از تابش خالص خورشید (R_n) می‌باشد که تفاضل بین تابش‌های ورودی و خروجی از سطح زمین است یعنی:

$$R_n = R_s - R_{rs} - R_{lw} \quad (4-5)$$

که در آن R_s تابش ورودی، R_{rs} تابش منعکس شده توسط سطح زمین با طول موج کوتاه و R_{lw} مقدار تابش خالص خروجی از سطح زمین با طول موج بلند است. اگر α ضریب آلیبدو باشد در این صورت مقدار تابش خالص (R_n) به صورت زیر است:

$$R_{rs} = \alpha R_s \quad (5-5)$$

$$R_n = R_s - R_s(\alpha) - R_{lw}$$

$$R_n = R_s(1 - \alpha) - R_{lw}$$

در مورد این رابطه و ضرایب انعکاس (آلیدو) در مناطق و سطوح مختلف در فصل دوم مطالبی ارائه شده است. مثلاً ضرایب انعکاس در مناطق نیمه کویری ۰/۲۵، کویری شنی ۰/۳۷، پوشش گیاهی زراعی ۰/۲۳ و برای سطح آب ۰/۷ می‌باشد. مقدار R_n از طریق جدول (۲-۵) برحسب عرض جغرافیایی و برای ماه‌های مختلف سال استخراج می‌شود. در صورتیکه مقدار R_n معلوم شد آنگاه مقدار تبخیر از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$E = \frac{R_n}{\rho_w \cdot L_v} \quad (۶-۵)$$

در این رابطه E تبخیر (Cm در روز)، R_n تابش ورودی خالص (کالری بر سانتی‌مترمربع در روز)، ρ_w دانسیته آب (گرم بر سانتیمترمکعب) و L_v گرمای نهان تبخیر (کالری بر گرم) است و از رابطه (۷-۵) برای دمای آب (t) برحسب سانتی گراد بدست می‌آید.

$$L_v = 597.3 - 0.564t \quad (۷-۵)$$

روابط دیگری به صورت (۸-۵) و (۹-۵) ممکن است در روش بیان انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

$$R_s = R_a (0.803 - 0.340C - 0.458C^2) \quad (۸-۵)$$

که در آن R_a تابش خورشیدی در ماه مورد نظر که از جدول (۲-۴) استخراج می‌شود. R_a مربوط به بالای جو و قبل از ورود به داخل جو است. C متوسط ماهانه درجه ابری (ابرنیکی)، R_s متوسط روزانه تابش ورودی به سطح زمین در ماه مورد نظر است.

$$R_s = R_a \left(0.23 + 0.48 \frac{n}{N} \right) \quad (۹-۵)$$

که در آن n تعداد ساعات آفتابی مورد انتظار در طول ماه مورد نظر است که بستگی به عرض جغرافیایی و ماه مربوطه داشته و از جدول استخراج می‌شود. N تعداد ساعات آفتابی مشاهده شده در ماه مورد نظر در محل است.

مقدار تابشی که با طول موج بلند از سطح زمین صانع می‌شود از رابطه کلی زیر بدست می‌آید.

$$R_{lw} = e_m \delta T^4 \quad (۱۰-۵)$$

که در آن δ ضریب اسفان-بولتزمن^۱ و T درجه حرارت هوا در ارتفاع ۲ متری بر حسب درجه کلونین

$$R_{lw} = \delta T^4 (0.56 - 0.08\sqrt{e})(0.1 + 0.9 \frac{n}{N}) \quad (۱۱-۵)$$

در رابطه بالا نیز δ ضریب اسفان-بولتزمن، T درجه حرارت هوا در ارتفاع ۲ متری بر حسب درجه کلونین، e فشار بخار آب در هوا (میلی بار) و n ، N هم که قبلاً تعریف شده‌اند. اگر بجای نسبت n/N از C و بجای دمای هوا از دمای سطح آب (T_s) استفاده شود رابطه بالا به صورت زیر خواهد شد.

$$R_{lw} = \delta T_s^4 (0.51 - 0.66\sqrt{e})(0.1 + 0.9C) \quad (۱۲-۵)$$

مثال ۵-۱: مقدار تبخیر از سطح دریاچه‌ای را در یک روز معین (۸ اوت) که دمای هوا ۳۰ درجه سانتیگراد و چگالی آب یک گرم بر سانتی متر مکعب بوده در شرایط جغرافیایی با عرض جغرافیایی ۴۰ درجه شمالی و شرایط اقلیمی با درجه ابری ۴۰ درصد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد، دمای هوا در ارتفاع ۲ متری ۳۰ درجه سانتی گراد و دمای سطح آب ۲۰ درجه سانتیگراد و ضریب بازتاب ۷ درصد قرار دارد. مقدار تبخیر روزانه از سطح آب را حساب کنید.

^۱ ضریب اسفان-بولتزمن برابر است با $1.7 \times 10^{-7} \text{ cal. Cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{day}^{-1}$ یا $5.67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}$ و یا $1.38 \times 10^{-8} \text{ cal.s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

حل مسئله:

۱. استخراج مقدار R_a برای 40° درجه شمالی از جدول (۵-۲). توجه این جدول متوسط ماهانه دهد که معادل 843 می باشد و عدد 870 برای روز هشتم این ماه است که از جدول کامل دیگری استخراج شده است.

$$R_a = 870 \text{ Cal / Cm}^2 \cdot \text{day}$$

$$R_s = R_a (0.803 - 0.340C - 0.458C^2)$$

۲. محاسبه تابش خورشید

$$R_s = 870(0.803 - 0.34(0.4) - 0.458(0.4^2)) = 516.5 \text{ Cal / Cm}^2 \cdot \text{day}^{-1}$$

$$R_{rs} = \alpha R_s = 0.07 \times 516.5 = 36.2 \text{ cal cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$$

۳. محاسبه بازتاب طول موج کوتاه

$$R_{tw} = \delta T_s^4 (0.51 + 0.66\sqrt{e})(0.1 + 0.9C)$$

۴. محاسبه تابش از سطح زمین

$$\delta = 1.17 \times 10^{-7} \text{ Cal.Cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{d}^{-1}$$

$$T_s = 273 + 20 = 293$$

دمای سطح آب به درجه کلوین

$$T_2 = 273 + 30 = 303$$

دمای هوا به درجه کلوین

$$e = es \times Rh$$

فشار بخار هوا

از روی جدول (۵-۳) برای دمای 30° درجه مقدار e_s (فشار بخار اشباع) معادل $42/4$ میلی بار استخراج می شود.

$$e = 42.4 \times (0.6) = 25.4 \text{ mb}$$

$$R_{tw} = 14.4 \text{ Cal.Cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$$

$$R_n = R_s - R_{rs} - R_{tw}$$

محاسبه تابش خالص

$$R_n = 516.5 - 36.2 - 14.4 = 465.9 \text{ Cal.Cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$$

$$L_u = 597.3 - 0.56t$$

۵. محاسبه گرمای نهان تبخیر

$$L_u = 597.3 - 0.56(30) = 580.5 \text{ Cal.g}^{-1}$$

$$E = \frac{R_n (\text{cal.Cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \cdot \text{day}^{-1})}{\rho_w (\text{g.cm}^{-3}) \times L_v (\text{cal.g}^{-1})} = \text{cm / day}$$

۶. محاسبه تبخیر

$$E = \frac{465.9}{1(580.5)} = 0.8 \text{ Cm / day}$$

$$E = 0.8 \times 10 = 8 \text{ mm / day}$$

۵-۴-۵- فرمول های تجربی برآورد تبخیر از سطح آزاد آب

روابط زیادی توسط دانشمندان برای برآورد مقدار تبخیر از سطح آزاد آب با استفاده از پارامترهای هواشناسی ارائه شده است. این روابط اصولاً بر اساس کمبود رطوبت یا کمبود فشار بخار آب و یا بطور غیرمستقیم اطلاعات دما و باد و یا تشعشع می باشد. به چند مورد از این فرمول ها در زیر اشاره شده است.

۵-۴-۱- معادله دالتون^۱

دالتون در سال ۱۸۰۲ رابطه زیر را برای محاسبه تبخیر از سطح آزاد آب ارائه نموده است.

$$E = B(e_s - e_a) \quad (۱۳-۴)$$

که در آن E تبخیر، e_s فشار بخار اشباع، e_a فشار بخار هوا و B ضریبی است که بستگی به زمان و مکان دارد. این معادله بر اساس تئوری انتقال بخار آب می باشد.

$$B = \frac{0.622 K^2 \rho_a V_2}{P \cdot \rho_w [\ln(\frac{Z_2}{Z_0})]^2} \quad (۱۳-۵)$$

که در آن

K ضریب انتشار آشفته که برای سرعت های اندازه گیری شده در ارتفاع ۲ متر معادل ۰/۴ در نظر گرفته می شود.

ρ_a دانسیته هوا و ρ_w دانسته آب (Kg/m^3), V_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (m/s), Z_0 ارتفاع زبری سطح Z_2 ارتفاع و P فشار هوا است.

مثال ۵-۲: شدت تبخیر از سطح آزاد آب را برای شرایطی که دمای هوا ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۴۰ درصد، فشار هوا ۱۰۱/۳ کیلو پاسکال، سرعت باد ۳ متر در ثانیه در ارتفاع ۲ متری ارتفاع زبری Z_0 را معادل ۰/۰۳، جرم مخصوص هوا در ۲۵ درجه سانتیگراد برابر ۱/۱۹ کیلوگرم در متر مکعب و جرم مخصوص آب ۹۹۷ کیلوگرم در مترمکعب است
حل مسئله به روش دالتون :

$$B = \frac{0.622 K^2 \rho_a V_2}{P \cdot \rho_w [\ln(\frac{Z_2}{Z_0})]^2} \Rightarrow B = \frac{0.622 (0.4)^2 \times (1.19 \times 3)}{101.3 \times 10^3 \times 997 [\ln(\frac{2}{0.03})]^2} = 4.54 \times 10^{-11} \Rightarrow \text{m} / \text{Pa.s}$$

$$e_s = 611 \exp \frac{17.27T}{237+T} = 611 \exp \frac{17.22 \times 25}{237+25} = 3169 \text{ pa} = 3.169 \text{ Kpa}$$

$$e_a = R_h \times e_s = 0.4 \times (3169) = 1267.5 \text{ Pa}$$

$$E_a = B(e_s - e_a) = 4.54 \times 10^{-11} (3169 - 1267.5)$$

$$E_a = 8.63 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$E_a = 8.63 \times 10^{-8} \times (\frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \times \frac{86400 \text{ S}}{\text{day}}) = 7.46 \text{ mm/day}$$

۵-۴-۲- فرمول مایر^۲

$$E = (1 + \frac{U}{16}) \times C \times (e_s - e_a) \quad (۱۴-۵)$$

U سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (km/h), e_s و e_a فشار بخار اشباع و هوا بر حسب میلی متر جیوه، C ضریبی است که برای دریاچه عمیق ۰/۳۶ و برای دریاچه کم عمق ۰/۵ است. E بر حسب میلی متر در روز است.

¹ Dalton

² Meyer

۵-۴-۵- فرمول دفتر عمران امریکا

$$E = 0.833(4.57t + 43.3) \quad (۱۵-۵)$$

دما بر حسب سانتی گراد و E بر حسب میلی متر در ماه است.

۵-۴-۵- تبخیر از سطح برف

رابطه زیر برای برآورد مقدار تبخیر از سطح برف پیشنهاد شده است.

$$E_s = (0.18 + 0.09U_{10})(e_s - e_d) \quad (۱۸-۵)$$

که در آن E بر حسب میلی متر در روز، U_{10} سرعت متوسط باد در ارتفاع ۱۰ متری به متر در ثانیه، e_s فشار بخار اشباع در سطح برف به ازاء دمای روزانه بر حسب میلی بار، e_d فشار واقعی بخار آب در ارتفاع ۲ متری از سطح برف (میلی بار). از آنجا که در لایه بالایی نزدیک سطح برف مقدار e_s تقریباً نزدیک به e_d است، بنابراین مقدار بخار از سطح برف بسیار ناچیز است.

جدول ۵-۲ مقدار R_a در نیم کره شمالی و جنوبی و خط استوا بر حسب (gcal/cm²/day)

ماهها جغرافیائی عرض	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	جمع سالانه
90 شمالی NORTHERN	0.0	0.0	55	518	903	1077	944	605	136	0	0	0	3540
80	0.0	3	143	518	875	1060	930	600	219	17	0	0	3660
60	86	234	424	687	866	983	892	714	494	258	113	55	4850
40	358	538	663	847	930	1001	941	843	719	528	397	318	6750
20	631	795	821	914	912	947	912	887	856	740	666	599	8070
خط استوا EQUATOR	844	963	878	876	803	803	792	820	891	866	873	829	8540
20	970	1020	832	737	608	580	588	680	820	892	986	978	8070
40	998	963	686	515	358	308	333	453	648	817	994	1033	6750
60	947	802	459	240	95	50	77	187	403	648	920	1013	4850
80	981	649	181	9	0	0	0	0	113	459	917	1094	3660
90 جنوبی SOUTHERN	995	656	92	0	0	0	0	0	30	447	932	1110	3540

جدول ۵-۴- فشار بخار اشباع (e_s) بر حسب میلی بار با استفاده از درجه حرارت خشک بر حسب سانتی گراد

درجه حرارت C°	e_s میلی بار	درجه حرارت C°	e_s میلی بار	درجه حرارت C°	e_s میلی بار	درجه حرارت C°	e_s میلی بار
0	6.1	10	12.3	20	23.4	30	42.4
1	6.6	11	13.1	21	24.9	31	44.9
2	7.1	12	14.0	22	26.4	32	47.6
3	7.6	13	15.0	23	28.1	33	50.3
4	8.1	14	16.1	24	29.8	34	53.2
5	8.7	15	17.0	25	31.7	35	56.2
6	9.3	16	18.2	26	33.6	36	59.4
7	10.0	17	19.4	27	35.7	37	62.8
8	10.7	18	20.6	28	37.8	38	66.3
9	11.5	19	22.0	29	40.1	39	69.9

جدول (۴-۵) ساعات آفتابی ممکن بر حسب عرض های جغرافیایی (n)

نیمکره شمالی	January	February	March	April	May	Jun	July	August	September	October	November	December
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.26	7.75	7.88
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
32	7.20	6.97	8.37	8.76	9.62	9.59	9.77	9.27	8.34	7.95	7.11	7.05
34	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
36	6.99	6.85	8.35	8.85	9.82	9.82	9.99	9.40	8.37	7.85	6.92	6.79
38	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	6.52
42	6.63	6.65	8.31	9.00	10.14	10.22	10.35	9.62	8.40	7.69	6.62	6.37
44	6.49	6.58	8.30	9.06	10.26	10.38	10.49	9.70	8.41	7.63	6.49	6.21
46	6.34	6.50	8.29	9.12	10.39	10.54	10.64	9.79	8.42	7.57	6.36	6.04
48	6.17	6.41	8.27	9.18	10.53	10.71	10.80	9.89	8.44	7.51	6.23	5.86
50	5.98	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.99	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
52	5.77	6.19	8.21	9.29	10.85	11.13	11.20	10.12	8.49	7.39	5.93	5.43
54	5.55	6.08	8.18	9.36	11.03	11.38	11.43	10.26	8.51	7.30	5.74	5.18
56	5.30	5.95	8.15	9.45	11.22	11.67	11.69	10.40	8.53	7.21	5.54	5.89
58	5.01	5.81	8.12	9.55	11.46	12.00	11.98	10.55	8.55	7.10	5.31	5.56
60	4.67	5.65	8.08	9.65	11.74	10.39	12.31	10.70	8.57	6.98	5.04	4.22
نیمکره جنوبی												
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.68	7.76	8.51	8.15	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.68
10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
15	9.05	7.98	8.55	5.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.70	9.10
20	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
25	6.46	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	8.86	9.04	9.58
30	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	0.97	9.24	9.85
32	9.81	8.39	8.63	7.69	7.36	6.85	7.21	7.70	8.06	0.01	9.33	9.96
34	9.92	8.45	8.64	7.64	7.27	6.74	7.10	7.63	8.05	9.06	9.42	10.08
36	10.03	8.51	8.65	7.59	7.18	6.62	6.99	7.56	8.04	9.11	9.51	10.21
38	10.15	8.57	8.66	7.54	7.08	6.50	6.87	7.40	8.03	9.16	9.61	10.34
40	10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49
42	10.40	8.70	8.68	7.44	6.85	6.23	6.64	7.33	8.01	9.26	9.82	10.64
44	10.54	8.78	8.69	7.38	6.85	6.08	6.51	7.25	7.99	9.31	9.94	10.80
46	10.69	8.86	8.70	7.32	6.61	5.92	6.37	7.16	7.96	9.37	10.07	10.97