فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ٤، زمستان۱۳۹۲ ، شماره پیاپی ۱۱۱

سعید جهانبخش اصل، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
رقیه روشنی، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تبریز

S. Jahanbakhshasl
R.Roshani

Email: roshani_xp@yahoo.com

شماره مقاله: ۹۲۵ صص: ٥٤-٤٥
وصول: ۱۳۹۱/۱۲/۲۲ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۷

بررسی وضعیت و شدت وارونگی‌های سطح پایین شهر تبریز طی دورهٔ ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸

چکیده

در این تحقیق، به بررسی وارونگی دمای شهر تبریز با استفاده از اطلاعات رادیوسوند، طی دوره زمانی ۲۰۰۸- ۲۰۰۴ در مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی پرداخته شد. سپس به استخراج روزهایی که دارای وارونگی دما از سطح زمین تا ارتفاع ۷۰۰ هکتوپاسکالی بودند، اقدام گردید. پارامترهای مورد استفاده در این مقاله، شامل ارتفاع پایه و رأس لایه وارونگی، مقدار دما در پایه و رأس لایه وارونگی، اختلاف دما بین پایه و رأس لایه وارونگی، عمق لایه وارونگی، مقدار فشار در پایه و رأس لایه وارونگی می‌باشند. پس از بررسی داده‌ها روزهایی که دارای وارونگی تابشی و فرونشینی بودند، از هم تفکیک شد. با توجه به اهمیت آلودگی هوا در روزهای سرد سال، به بررسی روزهایی با شرایط وارونگی دمای ضعیف، متوسط، شدید و بسیار شدید در فصل پاییز و زمستان پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین تعداد روزهای توأم با پدیده وارونگی دما در تبریز ۱۹۱ روز می‌باشد که ۸۷ درصد آن مربوط به وارونگی دمای تابشی و ۱۳ درصد دیگر، مربوط به وارونگی دمای فرونشینی می‌باشد. در کل ۲۴ مورد وارونگی دمای شدید در این دوره، مشاهده شد که ۱۷ مورد آن در فصل زمستان به‌خصوص در ماه ژانویه با تعداد ۱۲ مورد و ۷ مورد دیگر آن در فصل پاییز اتفاق افتاده‌اند. اکثر وارونگی‌های بسیار شدیدی که در فصل زمستان اتفاق افتاده‌اند، از نوع تابشی می‌باشند. افزون بر آن، ۷۰ درصد وارونگی‌های دمای ۲ مرحله‌ای که نقش ویژه‌ای در تداوم وارونگی دارند، در فصل زمستان به-ویژه در ماه ژانویه رخ می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: وارونگی دمای مجاور سطح زمین، وارونگی دو مرحله ای، شدت وارونگی، تبریز.

مقدمه

امروزه در شهرهای بزرگ دنیا، آلودگی هوا یکی از معضلات مهم به شمار می‌رود. در ایران نیز که صنایع هر روز اطراف شهرها را اشغال می‌کنند، آلودگی هوا سلامتی شهروندان را به خطر انداخته و باعث آسیب پذیری محیط زیست می‌شود. شهر تبریز نیز به عنوان یکی از شهرهای آلوده ایران تحت تأثیر این معضل محیطی قرار دارد. عوامل و عناصر اقلیمی متعددی دست به دست هم می‌دهند و به تشدید آلودگی کمک می‌کنند. یکی از این عناصر اقلیمی، پدیده وارونگی دما می‌باشد. لذا مطالعه پدیده وارونگی دما جهت کاهش اثرات آلودگی و بهبود شرایط زندگی انسان، ضروری است. نمونه‌ای از مطالعاتی که تاکنون در خارج و داخل کشور صورت گرفته‌اند، به شرح زیر می‌باشند:

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

دونالد و همکاران[1](۱۹۶۹)، به بررسی فراوانی، زمان شروع، تداوم و شدت وارونگی‌های دما و تأثیر آن روی آلودگی کلانشهر پائول، در طی دوره زمانی ۸ ساله از (ماه ژوئن ۱۹۶۱ تا ماه ژوئیه ۱۹۶۸) پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که اکثر وارونگی‌های شدید در ماه اکتبر روی داده، به طوری که ۴۸ درصد از وارونگی‌های این ماه بیش از ۱۰ ساعت طول کشیده که میانگین آنها ۸ ساعت بوده است. همچنین در مقایسه با شاخص وارونگی، پایین‌ترین میزان آلودگی مربوط به ماه‌های آوریل، مارس و مه بوده است. آنان معتقدند که شدت و تعداد وارونگی دما به علت افزایش تأثیر شهری روی دمای منطقه در طی این سال‌ها کاهش یافته است. یوئنو و یاسودا[2] (۲۰۰۵)، به بررسی وارونگی دما در منطقه مجاور قطبی شمال اقیانوس آرام پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که پدیده وارونگی دمایی در اطراف عرض جغرافیایی ۵۰ درجه شمالی در منطقه شمال شرقی اقیانوس آرام به‌ندرت اتفاق می افتد، ولی این پدیده در قسمت شمال خلیج آلاسکا و قسمت جنوب شرقی شمال اقیانوس آرام عمومیت بیشتری دارد. وارونگی‌های دمایی شدید و بزرگ در طول سال در غرب و مرکز منطقه مجاور قطبی شمال آسیا به جز نزدیک جزایر کوریل و آلوتین[3]، اتفاق می‌افتند. جانهال[4] و همکاران(۲۰۰۶)، به بررسی افزایش هواویزهای شهر نوردیک در طول دوره‌های وقوع وارونگی دما در فصل زمستان پرداختند. آنها با بررسی اطلاعات به‌دست آمده از ابزار سنجش لیدار[5]، به این نتیجه رسیدند که وارونگی‌های دما یکی از علت‌های اصلی تصویب قانون آستانه کیفیت هوا برای اکثر آلوده کننده‌های اصلی شهر است. در این تحقیق غلظت و تمرکز ذرات آلوده‌کننده در طول روزهای فصل زمستان همراه با وارونگی دما و بدون وارونگی مقایسه شده‌اند. آنها دریافتند که وارونگی دما در صبح زمستان، همراه با غلظت بالای ذرات آلوده‌کننده مربوط به ترافیک است. این ذرات ریز شامل CO ، NO و NO_2 می‌باشند. کانکانالا[6] (۲۰۰۷) و بورن[7] (۲۰۰۸)، به مطالعهٔ وارونگی‌های سطح پایین آلاسکا پرداختند. آنها عقیده دارند که پوشش ابر برروی ساختار وارونگی‌ها تأثیر می‌گذارد. گسترش پوشش ابری باعث برگشت امواج بلند زمینی به سطح زمین شده، در نتیجه با گرمایش زمین، وارونگی‌های ضعیف و با کاهش و یا عدم وجود ابر، وارونگی‌های شدید تشکیل می‌شوند. بورن و همکاران(۲۰۰۹)، در مطالعهٔ دیگری از وارونگی‌های دمای سطح پایین آلاسکا به این نتیجه رسیدند که پارامترهایی از قبیل ضخامت، اختلاف دما و فراوانی وارونگی دما دارای روند کاهشی بلند مدت می‌باشند. این روندها خطی نبوده و نوسان‌های چند دهه‌ای را نشان می‌دهند. علائم این نوسان‌ها در ایستگاه‌های داخلی بارزتر است. همچنین نتایج حاکی از این است که بین تغییرات علایم وارونگی دمای آلاسکا و نوسان‌های دهه‌ای اقیانوس آرام ارتباط وجود دارد که این ارتباط، هرباری که نوسان رخ داده، تغییریافته و درسال‌های اخیرنسبت به سال‌های قبل از ۱۹۸۹ قوی‌تر شده است. دواستل و همکاران[8](۲۰۱۰)، فراوانی و شدت وارونگی‌های دمای سواحل اقیانوس شمالی را با استفاده از نیمرخ (AIRS)، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مشاهدات، روندی کاهشی را در فراوانی وارونگی‌ها نشان می‌دهد. همچنین شدت وارونگی‌های فصل تابستان در سال ۲۰۰۷ نسبت به سال‌های ماقبل، افزایش چشمگیری داشتند که ناشی از افزایش دمای لایه تروپوسفر از ۱/۵ درجه کلوین به ۳ درجه کلوین بوده است.

---

[1] *Donald et al*
[2] *Ueno and Yasuda*
[3] *Kuril & Aleutian*
[4] *Janhall*
[5] *Lidar*
[6] *Kankanala*
[7] *Bourne*
[8] *Devasthale et al*

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

در ایران، پوراحمد(۱۳۷۷)، نقش عوامل اقلیمی چون باد، باران، مه و وارونگی دما را بر روی آلودگی هوای شهر تهران بررسی نموده و اشاره کرد که تعداد وقوع وارونگی دمای مجاور زمین در طی سال‌های (۱۹۷۱تا ۱۹۶۷)، حداقل ۲۱۱ روز و حداکثر ۲۷۱ روز بوده است. در فصل زمستان فراوانی پدیده وارونگی مجاور سطح زمین زیاد است، زیرا به جز روزهای بارانی و ابری، که تعداد آن کمتر است، بقیه روزها هوا صاف و بدون ابر می‌باشد. در فصل تابستان تعداد وارونگی دمای مجاور سطح زمین به حداکثر می‌رسد، زیرا شب‌ها هوا صاف و بدون ابر بوده، ولی به علت گرم شدن سریع زمین به هنگام روز وارونگی به سرعت از بین رفته و از مقدار آلودگی هوا کاسته می‌شود. در فصول بهار و پاییز تعداد وارونگی به لحاظ ناپایداری کمتر است. دلجو(۱۳۷۸)، با مطالعه بر روی وارونگی دما و آلودگی هوای شهر تهران به این نتیجه رسید که حداقل ارتفاع وارونگی در اواخر فصل پاییز و اوایل فصل زمستان رخ می‌دهد و ارتفاع وارونگی با شدت آن ضریب همبستگی منفی دارد. غلظت گاز مونواکسید کربن ضریب همبستگی منفی را نسبت به سمت و سرعت باد نشان می‌دهد و غلظت این گاز با شدت وارونگی رابطه مستقیم دارد. گاز دی اکسید نیتروژن در برابر شدت وارونگی، افزایش کلی را نشان می‌دهد. ترابی و همکاران(۱۳۷۸)، در مقاله‌ای به بررسی تأثیرات عوامل اقلیمی، از جمله اثر لایه وارونگی دما بر روی هسته آلوده شرق شهر تبریز پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در طی فصل سرد سال، که هوای سرد و پایدار در منطقه حاکم است و همچنین زمانی که لایه وارونگی دما در ارتفاع نسبتاً پائینی (معمولاً بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر) قرار دارد، هسته آلوده شروع به رشد می کند و پائین بودن ارتفاع لایه وارونگی دما در شرق تبریز نسبت به غرب آن باعث تقویت و افزایش هسته آلوده می‌شود. کریمی و درخشان(۱۳۸۴)، به بررسی وارونگی دمای شهر اصفهان در طی دوره زمانی ۱۹۹۳- ۱۹۹۱ پرداخته و به این نتیجه رسیدند که وارونگی دما در تمام فصول سال برقرار بوده که در دوره سه ساله مورد بررسی، ۸۰ درصد از روزهای سال، شرایط وارونگی دما حاکم بوده، اما ارتفاع لایه وارونگی با تغییر فصول تغییراتی دارد. کمترین قطر لایه وارونگی حدود ۴۰ متر در ماه مارس و بیشترین قطر آن در حدود ۱۲۱۲ متر در ماه نوامبر می‌باشد. به طور کلی، نتیجه مطالعات نشان می‌دهد که در منابع خارجی در دهه‌های اخیر، تحقیقات خوبی در این زمینه با برجسته شدن نقش تغییر اقلیم و تأثیر آن بر روی سلامتی انسان صورت گرفته است. در حالی که در کشور ما مطالعات پایه‌ای در این زمینه صورت نگرفته و اطلاعات اندک در این زمینه هم تنها با استناد به تجربیات حاصله بوده است. به همین علت در مقاله حاضر، سعی شده است با استناد به آمار و ارقام مربوط به رادیوسوند به تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پدیده وارونگی دما و شدت و کثرت و تداوم آن از عوامل و عناصر آب و هوایی گوناگون به خصوص در فصول سرد سال که آلودگی شدت می‌یابد، پرداخته شود.

داده‌ها و روش پژوهش

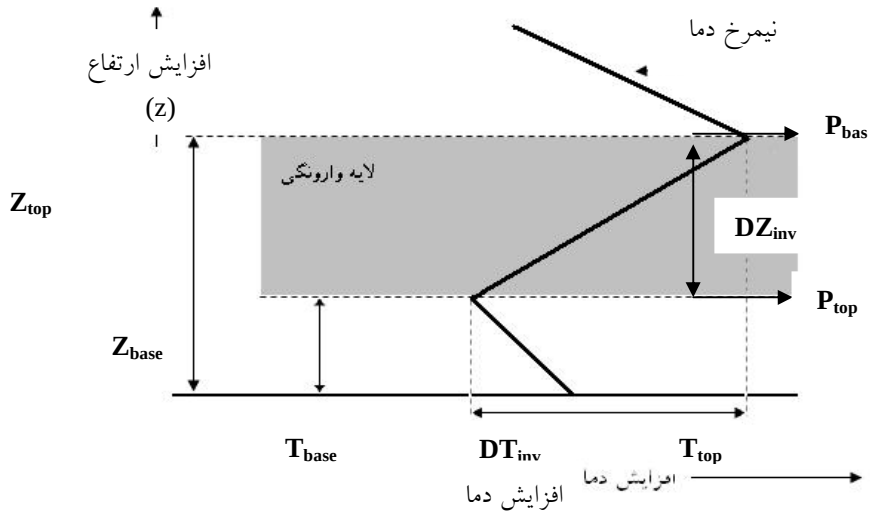
در این مقاله، به منظور بررسی ویژگی‌ها و پارامترهای مربوط به وارونگی‌های دمای سطح پایین شهر تبریز، از داده‌های رادیو سوند مربوط به ساعت ۰۰ گرینویچ (۳/۵ محلی) برای ۵ سال، طی دوره زمانی ۲۰۰۴ الی ۲۰۰۸ در مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی استفاده شد[1].

داده‌هایی که با استفاده از اطلاعات مخابره شده از رادیو سوند به دست آمدند، شامل (Z_{base}) ارتفاع پایه لایه وارونگی از سطح زمین به متر، (Z_{top}) ارتفاع رأس لایه وارونگی از سطح زمین به متر، (T_{base}) مقدار دما در پایه لایه وارونگی به درجه سانتیگراد، (T_{top}) مقدار دما در رأس لایه وارونگی به درجه سانتیگراد، (DT_{inv}) اختلاف دما بین پایه و رأس لایه

[1] *http://weather.uwyo.edu/upperair/*

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

وارونگی به درجه سانتیگراد، (DZinv) عمق لایه وارونگی به متر، (P_{base}) مقدار فشار در پایه لایهٔ وارونگی به هکتوپاسکال و (P_{top}) مقدار فشار در رأس لایهٔ وارونگی به هکتوپاسکال بودند که در شکل (۱) نشان داده شده است. داده‌های مربوط به روزهایی که وارونگی دما از سطح زمین تا ارتفاع ۷۰۰ هکتوپاسکالی بودند، انتخاب شد.



شکل ۱) مشخصات لایهٔ وارونگی دما

مأخذ: (یاکوبلیس و همکاران، ۲۰۰۹)

روش کار به این صورت بوده که ابتدا برای مشخص کردن ویژگی‌های مربوط به وارونگی‌های دمایی شهر تبریز، محاسبات مربوط به آمار توصیفی و شاخص‌های مرکزی به انجام رسید. سپس بر حسب اهمیت وارونگی‌های مجاور سطح زمین در آلودگی هوا، وارونگی‌ها به دو نوع وارونگی تابشی و وارونگی فرونشینی تقسیم شدند. وارونگی‌هایی را که از سطح زمین شروع شده و تا ارتفاع ۵۰ متری سطح زمین ادامه داشتند، به عنوان وارونگی تابشی و وارونگی‌هایی که پایه آنها از ارتفاع ۵۰ متری شروع می‌شدند، به عنوان وارونگی فرونشینی در نظر گرفته شد (یاکوبلیس و همکاران[1]، ۲۰۰۹). سپس به بررسی وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای پرداخته شد. وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای به وارونگی‌هایی گفته می‌شوند که دو لایه وارونگی با فاصله‌ای برروی هم ایجاد می‌شوند. وارونگی دمای دو مرحله ای هنگامی ایجاد می‌شود که در بالای زمین در اثر وجود سیستم پرفشار وارونگی، فرونشینی ایجاد شود، سپس وارونگی تابشی در زیر وارونگی فرونشینی ایجاد شود (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۵). با توجه به اینکه اکثر وارونگی‌های بسیار شدید در فصول سرد سال رخ می‌دهند، وارونگی‌های دمای فصل پاییز و زمستان برای مطالعه انتخاب شد. وارونگی‌ها بر حسب شدت در چهار گروه مجزا که شامل طبقه ضعیف (۰/۰۱۰ – ۰/۰۰۰)، متوسط (۰/۰۲۰ – ۰/۰۱۱)، شدید (۰/۰۳۰ – ۰/۰۲۱) و بسیار شدید (بالای ۰/۰۳۱) بودند، تقسیم‌بندی گردیدند. در منابع مختلف از پارامتر اختلاف دمای لایه وارونگی، برای طبقه‌بندی شدت وارونگی دما استفاده شده است. در این مطالعه از رابطه ۱ (هدایت و لشکری، ۱۳۸۵، ۵۶) که هم ضخامت و عمق وارونگی و هم اختلاف دما را در نظر می‌گیرد، برای محاسبه شدت وارونگی دما، استفاده شده است.

$$I= \quad (\Delta\theta)^2$$

[1] *Iacobellis et al*

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

رابطهٔ ۱)

$$\overline{3 + Z\,(\Delta z)}$$

در رابطهٔ فوق، I شدت وارونگی، $\Delta\theta$ اختلاف دمای پتانسیل رأس و پایه لایه وارونگی به درجه کلوین، Δz ضخامت لایه وارونگی به متر و Z ارتفاع ایستگاه به هکتومتر است.

در این فرمول، برای محاسبه دمای پتانسیل از رابطه ۲ (رتالاک[1]، ۱۹۷۳)، استفاده می‌شود:

رابطهٔ ۲)

$$\theta = T\left(\frac{1000}{P}\right)^{0.286}$$

در رابطهٔ فوق، θ دمای پتانسیل به درجه کلوین، T دما به درجه کلوین و P فشار هوا به هکتوپاسکال می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

جدول (۱) تعداد وارونگی‌های دمای محاسبه شده از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، تعداد وارونگی‌های دما در هر سال متفاوت است. در سال ۲۰۰۶ با تعداد ۲۳۰ روز بیشترین میزان و در سال ۲۰۰۵ با ۱۵۴ روز کمترین میزان وارونگی دما رخ داده است. با توجه به این جدول، می‌توان گفت که میانگین پدیده وارونگی دمای سالانه شهر تبریز حدود ۱۹۱ روز می‌باشد و در این بین سهم وارونگی دمای تابشی بیشتر از وارونگی دمای فرونشینی است. با توجه به این جدول، بیشتر وارونگی‌ها به طور متوسط از ارتفاع ۱۴۵۶ متری زمین شروع می‌شوند و در ارتفاع ۱۶۱۶ متری پایان می‌پذیرند. میانگین ضخامت وارونگی‌ها حدود ۱۰۶ متر می‌باشد.

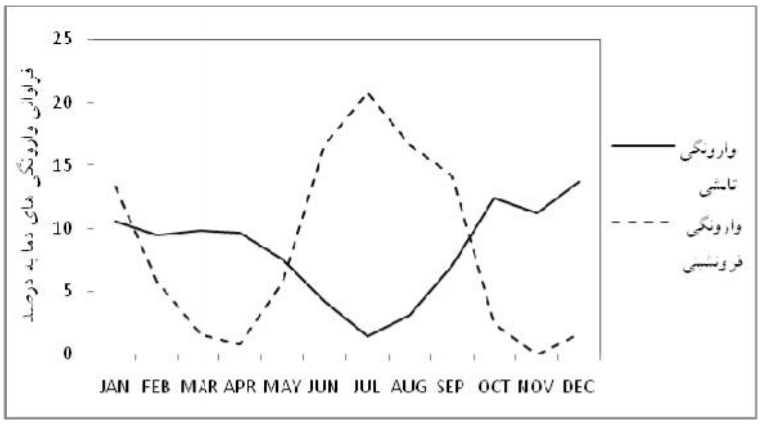
جدول ۱) مشخصات وارونگی‌های دمای رخ داده در شهر تبریز طی سال‌های ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸

ضخامت (متر)	ارتفاع رأس وارونگی (متر)	ارتفاع پایه وارونگی (متر)	وارونگی فرونشینی	وارونگی تابشی	مجموع سالانه	سال
۱۵۸	۱۵۷۹	۱۴۲۱	۱۹	۱۴۰	۱۵۹	۲۰۰۴
۱۹۵	۱۶۰۱	۱۴۰۶	۹	۱۴۵	۱۵۴	۲۰۰۵
۱۶۲	۱۶۴۹	۱۴۸۷	۳۵	۱۹۵	۲۳۰	۲۰۰۶
۱۴۵	۱۶۴۸	۱۵۰۳	۲۸	۱۷۳	۲۰۱	۲۰۰۷
۱۴۱	۱۶۰۵	۱۴۶۴	۲۹	۱۸۱	۲۱۰	۲۰۰۸
۱۶۰	۱۶۱۶	۱۴۵۶	۲۴	۱۶۷	۱۹۱	میانگین

شکل (۲) فراوانی وارونگی‌های دمای تابشی و فرونشینی ماهانه طی سال‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار، ماه دسامبر با فراوانی ۱۳/۶۶ درصد و پس از آن ماه اکتبر با فراوانی ۱۲/۳۵ درصد، بیشترین میزان وارونگی دمای تابشی و ماه ژوئیه با فراوانی ۱/۴۳ درصد، کمترین میزان وارونگی دمای تابشی در ۵ سال را دارا هستند. وارونگی‌های فرونشینی برعکس وارونگی تابشی است. ماه ژوئیه با فراوانی ۲۰/۸۳ درصد، بیشترین میزان و ماه نوامبر هم در هیچ یک از این سال‌ها وارونگی فرونشینی نداشته است. میانگین وارونگی تابشی ۱۶۷ روز و وارونگی دمای فرونشینی ۲۴ روز می‌باشد. با توجه به این نمودار، در فصول گرم سال، وارونگی فرونشینی و در فصول سرد سال وارونگی تابشی بیشتر اتفاق می‌افتد.

[1] *Retallac*

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]



شکل ۲) نمودار میانگین ماهانه وارونگی‌های دمای تابشی و فرونشینی طی سال‌های ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، پدیده وارونگی دما در تمام فصول در شهر تبریز قابل مشاهده است. خصوصیات وارونگی‌ها در هر یک از فصول به شرح زیر می‌باشد: در فصل پاییز تعداد روزهایی که پدیده وارونگی دما رخ می‌دهد، زیاد بوده، ولی تعداد وارونگی فرونشینی نسبت به فصول دیگر کم و تعداد وارونگی تابشی نسبت به فصول دیگر زیاد است. در فصل تابستان تعداد روزهای وارونگی دما، کاهش یافته که از این تعداد سهم وارونگی فرونشینی بیش از فصول دیگر و سهم وارونگی تابشی کمتر از سایر فصول می‌باشد. همچنین ارتفاع رأس لایه وارونگی و ضخامت و عمق آن در فصل تابستان بیشتر از فصول دیگر می‌باشد. در فصل بهار، تعداد روزهای وارونگی مشابه فصل تابستان کمتر است و پایه لایه وارونگی در مقایسه با فصول دیگر به سطح زمین نزدیک می‌باشد. بیشترین تعداد روزهای دارای وارونگی دما بعد از فصل پاییز در فصل زمستان، مشاهده می‌شود که در این بین سهم وارونگی تابشی زیادتر است. در فصل زمستان پایه لایه وارونگی در ارتفاع بالاتری از سطح زمین قرار دارد و پس از فصل تابستان بیشترین ضخامت را دارد.

جدول ۲) مشخصات لایهٔ وارونگی دما در٤ فصل سال شهر تبریز طی سال های ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸

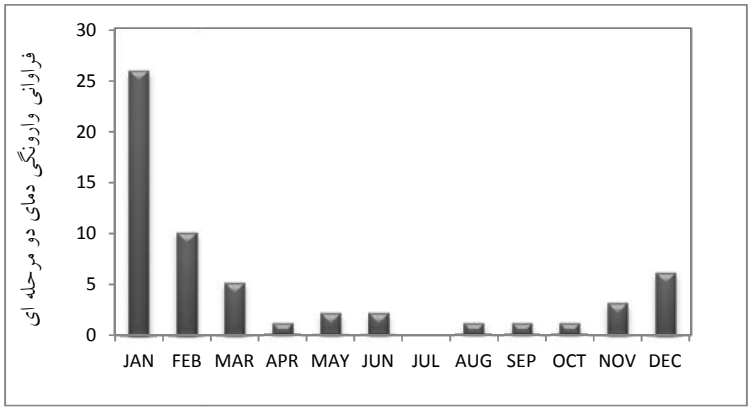
مشخصات	زمستان	پاییز	تابستان	بهار
مجموع وارونگی	۲۷۴	۳۵۸	۱۵۹	۲۰۶
وارونگی فرونشینی	۲۵	۵	۶۲	۲۸
وارونگی تابشی	۲۴۹	۳۱۰	۹۷	۱۷۸
متوسط ارتفاع پایه(متر)	۱۸۷	۱۷۶	۱۴۸	۱۲۹
متوسط ارتفاع رأس(متر)	۱۴۱۹	۱۳۶۸	۱۵۹۵	۱۴۴۴
متوسط ضخامت (متر)	۱۶۰۶	۱۵۴۴	۱۷۴۳	۱۵۷۳

وارونگی دمای دو مرحله‌ای

با تحلیلی که بر روی وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای برای شهر تبریز صورت گرفت، مشخص شد که در طی ۵ سال، ۵۸ مورد وارونگی دمای دو مرحله‌ای در این شهر رخ داده است که ۴۱ روز آن مربوط به فصل زمستان، ۱۰ روز مربوط به فصل پاییز، ۵ روز در فصل تابستان و ۲ روز مربوط به فصل بهار می‌باشد. با توجه به شکل (۳) بیشترین تعداد روزهای

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

وارونگی دما در ماه ژانویه ۲۶ روز و سپس ماه فوریه ۱۰ روز می‌باشد و پس از آن در فصل پاییز، ماه دسامبر با ۶ روز دارای کمترین میزان وقوع وارونگی دما است. در ماه ژوئیه در طی ۵ سال مورد بررسی، هیچ‌گونه وارونگی دمای دو مرحله‌ای اتفاق نیفتاده است. در کل می‌توان گفت که وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای شهر تبریز اکثراً در فصل زمستان به خصوص در ماه ژانویه رخ می‌دهند. این وارونگی‌ها به طور متوسط از ارتفاع ۷۰۰ متری شهر شروع شده و در ارتفاع ۱۰۲۰ متری تمام شده‌اند. با مد نظر قراردادن این نکته که موضوع مورد مطالعه وارونگی‌های دمای سطح پایین می‌باشند، از توضیح اضافی درباره وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای که در سطح بالا اتفاق می‌افتند، صرف نظر شده است.



شکل ۳) نمودار مجموع وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای ماهانه شهر تبریز در طی سال‌های مورد مطالعه

برای اینکه بتوان وارونگی دما را براساس شدت طبقه‌بندی کرد، ابتدا باید پارامتر دمای وارونگی و اختلاف آنها را بررسی نمود. بدین‌منظور میانگین دمای پایه و رأس لایه وارونگی و اختلاف آنها برای هر یک از ماه‌ها به‌طور جداگانه محاسبه شده‌اند (جدول ۳). همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، میانگین دمای پایه وارونگی در ماه اوت با ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین و در ماه ژانویه با ۶/۴- درجه سانتی گراد کمترین میزان را به خود اختصاص داده است. میانگین دمای رأس لایه وارونگی نیز به همین ترتیب در ماه اوت با ۲۲/۸ درجه سانتی‌گراد بیشترین و در ماه ژانویه با ۳/۲- درجه سانتی گراد کمترین مقدار را داراست. میانگین اختلاف دمای پایه و رأس لایه وارونگی که به نوعی معرف شدت وارونگی دما است، در ماه ژانویه با ۳/۲۸ درجه و سپس در ماه دسامبر با ۳/۱۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین و ماه اوت با ۱/۳ درجه سانتی‌گراد کمترین اختلاف را داراست. این عددها نشان می‌دهند که اختلاف دمای پایه و رأس لایه وارونگی در ماه‌های گرم سال بیش از ۱ درجه سانتی‌گراد و در ماه‌های سرد سال بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که اختلاف بیشتر در ماه‌های سرد نشان‌دهنده شدت وارونگی دما در این ماه‌ها می‌باشد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

جدول ۳) میانگین دمای پایه و رأس لایه وارونگی و اختلاف آنها طی سال‌های ۲۰۰٤ تا ۲۰۰۸

متوسط دمای پایه لایه وارونگی به درجه سانتی گراد (T_{base})												
سال	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
۲۰۰۴	-۱/۹	۰/۸	۷/۱	۷/۹	۱۳	۱۶/۷	۲۱/۶	۲۳	۱۸/۲	۱۲/۸	۶/۱	-۵/۲
۲۰۰۵	-۵/۸	-۱/۶	۶/۷	۱۲/۹	۱۳/۲	۱۸/۲	۲۳	۲۰/۴	۱۸/۵	۱۰/۹	۳/۵	۲
۲۰۰۶	-۶/۹	-۰/۵	۴/۵	۱۰	۱۴	۲۰/۱	۱۸/۷	۲۱/۲	۱۶/۳	۱۱/۴	۱/۸	-۵/۲
۲۰۰۷	-۸/۱	-۱/۷	۲/۳	۶/۷	۱۴	۱۵/۸	۱۴/۷	۲۰/۷	۱۸/۳	۱۱/۹	۳/۶	-۲/۹
۲۰۰۸	-۹/۵	-۶/۲	۶/۳	۱۲/۰	۱۲/۳	۱۶/۷	۲۱/۳	۲۲/۱	۱۷/۶	۱۱/۵	۳/۵	-۲/۷
میانگین	-۶/۴	-۱/۸	۵/۴	۹/۹	۱۳/۳	۱۷/۵	۱۹/۹	۲۱/۵	۱۷/۸	۱۱/۷	۳/۷	-۲/۸
متوسط دمای رأس لایه وارونگی به درجه سانتی گراد (T_{top})												
۲۰۰۴	-۰/۳	۲/۵	۹/۹	۹/۲	۱۳/۹	۱۸	۲۳	۲۳/۷	۲۰/۵	۱۵	۷/۶	-۲/۶
۲۰۰۵	-۱/۶	۰/۱	۷/۷	۱۴/۶	۱۴/۵	۱۹/۶	۲۴/۳	۲۱/۵	۲۰/۸	۱۳/۲	۶/۲	۵
۲۰۰۶	-۳/۷	۰/۹	۶/۴	۱۱/۹	۱۶/۲	۲۲/۳	۲۰/۵	۲۲/۹	۱۸/۵	۱۳/۸	۴/۳	-۱/۶
۲۰۰۷	-۳/۴	۰/۸	۴/۳	۸/۵	۱۶/۲	۱۷/۶	۱۶/۳	۲۱/۹	۲۰/۷	۱۴/۸	۶/۵	۰/۱
۲۰۰۸	-۶/۸	-۲/۷	۹/۵	۱۴/۶	۱۳/۹	۱۸/۲	۲۲/۹	۲۴	۱۸/۹	۱۳/۹	۵/۷	۰/۷
میانگین	-۳/۲	۰/۳	۷/۵	۱۱/۸	۱۴/۹	۱۹/۱	۲۱/۴	۲۲/۸	۱۹/۹	۱۴/۱	۶	۰/۳
متوسط اختلاف دمای پایه و رأس لایه وارونگی به درجه سانتی گراد (DT_{inv})												
۲۰۰۴	۱/۶۱	۱/۶۴	۲/۷۸	۱/۳۴	۰/۸۹	۱/۳۳	۱/۴۰	۰/۷۳	۲/۲۹	۲/۲۳	۱/۴۹	۲/۶۱
۲۰۰۵	۴/۲۵	۱/۷۵	۱	۱/۶۷	۱/۳۰	۱/۳۳	۱/۳۰	۱/۱۳	۲/۲۹	۲/۳۰	۲/۶۷	۳/۰۴
۲۰۰۶	۳/۱۳	۱/۴۰	۱/۸۶	۱/۸۷	۲/۱۹	۲/۲۰	۱/۷۴	۱/۶۲	۲/۲۷	۲/۴۵	۲/۵۱	۳/۱۵
۲۰۰۷	۴/۷۰	۲/۴۴	۱/۹۹	۱/۷۲	۲/۲۷	۱/۷۴	۱/۶۰	۱/۲۲	۲/۴۰	۲/۸۷	۲/۸۹	۳
۲۰۰۸	۲/۶۹	۳/۴۸	۳/۱۳	۲/۶۰	۱/۵۸	۱/۵۴	۱/۵۷	۱/۸۵	۱/۳۵	۲/۳۶	۲/۲۱	۳/۴۷
میانگین	۳/۲۸	۲/۱۴	۲/۱۵	۱/۸۴	۱/۶۵	۱/۶۳	۱/۵۲	۱/۳۱	۲/۱۲	۲/۴۴	۲/۳۵	۳/۱۵

طبقه بندی وارونگی دما براساس شدت

جدول (۴) فراوانی وقوع وارونگی‌های دما را از لحاظ شدت وارونگی‌ها و با در نظرگرفتن فصل وقوع نشان می‌دهد و در نهایت درصد وقوع فراوانی‌های موردنظر را در هرطبقه مشخص می‌کند. ملاحظه می‌شود که در دوره مورد مطالعه، وارونگی‌های ضعیف بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده‌اند. به عبارت دیگر، حدود ۵۵/۵۲ درصد وارونگی‌ها دارای شدت ضعیف، ۳۴/۴۷ درصد دارای شدت متوسط، حدود ۵/۹۴ درصد دارای شدت زیاد و فقط حدود ۴/۰۷ (۲۴) مورد دارای شدت خیلی زیاد می‌باشند. برای آگاهی به اینکه وارونگی‌های دمای شدید در کدام ماه اتفاق می‌افتد، جدول شماره (۵) تنظیم شده است که ملاحظه می‌شود، فراوانی وارونگی‌های دمای بسیار شدید در ماه ژانویه با ۵۰ درصد (۱۲ مورد) بیشتر از ماه‌های دیگر تشخیص داده می‌شود. در کل از تعداد ۲۴ مورد وارونگی دمای شدید، ۱۷ مورد آن در فصل زمستان به خصوص در ماه ژانویه و ۷ مورد دیگر آن در فصل پاییز اتفاق افتاده‌اند.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

جدول ٤) فراوانی وارونگی‌های دمای دورهٔ سرد سال شهر تبریز براساس شدت (طی سال‌های ۲۰۰٤ الی ۲۰۰۸)

طبقه شدت	شدت	فراوانی					مجموع فراوانی	درصد
		۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸		
ضعیف	۰/۰۰۰ – ۰/۰۱۰	۸۱	۵۸	۷۹	۵۵	۵۴	۳۲۷	۵۵/۵۲
متوسط	۰/۰۱۱ – ۰/۰۲۰	۲۲	۳۷	۴۱	۴۸	۵۵	۲۰۳	۳۴/۴۷
شدید	۰/۰۲۱ – ۰/۰۳۰	۳	۴	۱۰	۹	۹	۳۵	۵/۹۴
بسیار شدید	بالای ۰/۰۳۱	۱	۲	۲	۱۱	۸	۲۴	۴/۰۷

جدول ٥) فراوانی و درصد وقوع وارونگی‌های دمای بسیار شدید شهر تبریز در دورهٔ سرد سال (طی سال‌های ۲۰۰٤ الی ۲۰۰۸)

مشخصات	فصل زمستان			فصل پاییز		
ماه	مارس	فوریه	ژانویه	دسامبر	نوامبر	اکتبر
تعداد وارونگی بسیار شدید	۳	۲	۱۲	۲	۲	۳
درصد	۱۲/۵	۸/۳۳	۵۰	۸/۳۳	۸/۳۳	۱۲/۵
مجموع	۱۷			۷		

نتیجه گیری

از جمله عوامل طبیعی مؤثر در آلودگی هوا، می‌توان به پدیده وارونگی دما به عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در محیط‌های شهری نام برد. به دلیل اهمیت این موضوع در شهر تبریز، وارونگی‌های دمای این شهر از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ در مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی مورد مطالعه قرار گرفت. با بررسی‌هایی که بر روی این داده‌ها صورت گرفت، مشخص شد که میانگین تعداد روزهای توأم با پدیده وارونگی دما در تبریز برابر ۱۹۱ روز می‌باشد که حدود ۸۷ درصد آن مربوط به وارونگی دمای تابشی و ۱۳ درصد دیگر مربوط به وارونگی دمای فرونشینی می‌باشد. به دلیل انعکاس نور خورشید از روی سطح برف و سرمایش سطح زمین، سهم وارونگی‌های تابشی در فصل زمستان بیشتر از فصول دیگر می‌باشد. همچنین شدت و تداوم این پدیده در اواخر فصل پاییز و زمستان به بیشترین حد خود می‌رسد. در حالی‌که وارونگی‌های فصل تابستان در ارتفاع بالاتری تشکیل می‌شوند و نیز به علت ناپایداری هوا وارونگی به سرعت از بین می‌رود و اثر آن روی آلودگی ناچیز است. با بررسی‌هایی که بر روی وارونگی‌های دمای دو مرحله‌ای صورت گرفت، نشان داد که ۷۰ درصد وارونگی‌های فصل زمستان به‌ویژه در ماه ژانویه از این نوع می‌باشند. اختلاف دمای پایه و رأس لایه وارونگی در ماه‌های گرم سال بیش از ۱ درجه و در ماه‌های سرد سال بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین اختلاف دمای زیاد به نوعی نشان‌دهنده وارونگی‌های دمای شدید می‌باشد. با توجه به اهمیت وقوع وارونگی‌های شدید در فصول سرد سال به‌ویژه فصل زمستان که عامل اصلی تشدید و تداوم آلودگی محسوب می شود، لزوم بررسی علل وقوع وارونگی که به نظر می‌رسد عاملی سینوپتیکی باشد، مشخص می‌شود که در مقاله دیگری به آن پرداخته خواهد شد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]

منابع:

۱) پور احمد، احمد(۱۳۷۷)، نقش اقلیم و ساختار جغرافیایی در آلودگی هوای شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۴.

۲) ترابی، سیما، حسن ذوالفقاری و مجید زاهدی(۱۳۷۸) ، بررسی تأثیرات عوامل اقلیمی در تشکیل هسته آلوده شمال غرب تبریز، مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، ۱۳ و ۱۴ آبان، سازمان هواشناسی کشور، صفحه۲۴۷-۲۴۲.

۳) دلجو، امیر هوشنگ، مطالعه و بررسی وارونگی دما و ناپایداری بر روی آلودگی هوای شهر تهران (۱۳۷۸)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران.

۴) عرفان منش، مجید و مجید افیونی(۱۳۸۵)،آلودگی محیط زیست (آب، خاک و هوا)، جلد (۱)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵) کریمی، محسن و حسین درخشان (۱۳۸۴)، بررسی وارونگی دمایی(اینورژن) در شهر اصفهان، مجموعه مقالات دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، صفحه ۶-۱.

۶) هدایت، پریسا و حسن لشکری (۱۳۸۵)، تحلیل الگوی سینوپتیکی اینورژن های شدید شهر تهران، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۶، صفحه ۸۲-۶۵.

7) Bourne, S. M., (2008), A climate perspective of observed and modeled surface based temperature inversions in Alaska, M.S. Thesis, Department of Atmospheric Sciences, University of Alaska Fairbanks, 106 pp. [available on-line at: http://www.uaf.edu/asp/Students/theses/Bourne_SM.pdf].

8) Bourne, S.M., Bhatt, U.S., Zhang, J., and Thoman, R. (2009), Surface-based temperature inversions in Alaska from a climate perspective, Atmospheric Research, pp 353 – 366.

9) Devasthale, A., Willen, U., Karlsson, K.G., Jones, C.G. (2010), Quantifying the clear-sky temperature inversion frequency and strength over the Arctic Ocean during summer and winter seasons from AIRS profiles. the Journal Atmospheric Chemistry and Physics (ACP)10, 2835-2858.

10) Donald, G.Baker., John, W.Enz., and Harold, J.Paulus. (1969), Frequency, duration, commencement time and intensity of temperature inversions at st. Paul-minneapolis, Journal of Applied Meteorology, Vol 8, pp 747-753.

11) Iacobellis, Sam. F., Norris, Joel. R., Kanamitsu, Masao., Tyree, Mary., and Cayan, Daniel C., (2009), Climate variability and california low-lewel temprature inversions, California Climate Change Center, pp 1- 47.

12) Kankanala, P. (2007), Doppler Sodar observations of the winds and structure in the lower atmosphere over Fairbanks, Alaska, M.S. Thesis, Department of Atmospheric Sciences, University of Alaska Fairbanks, 74 pp available on-line at:http://www.uaf.edu/asp/Students/theses /Pavan_thesis.pdf].

13) Ueno, Hiromichi., and Yasuda, Ichiro. (2005), Temperature inversions in the subarctic north Pacific, Journal of Physical Oceanography,Vol 35, pp 2441-2456.

14) Niedźwiedź, Tadeusz. (2009), Temperature inversions in the karst canyon of the Ojcow National Park (Southern Poland), University of Silesia.

15) 15-Retallack, B.J. (1973), Compendium of meteorology, WMO, PART 2, Phisical Meteorology, Vol 1, No 364.

16) Janhall, Sara., Olofson, K. Frans. G., Adersson, Patrik. U., Pettersson, Jan B.C., and Hallquis, Mattias. (2006), Evolution of urban aerosol during winter temperature episods, Atmospheric Enviroment, pp.5355-5366.

[Downloaded from georesearch.ir on 2025-07-13]