जलविज्ञान एवं जल संसाधन
पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
15-16 दिसम्बर, 1995, रूड़की

जलविज्ञानीय विश्लेषणों हेतु स्वलेखी तापमापक की प्रेक्षण त्रुटियां : प्रतिफल एवं समाधान

अशोक कुमार द्विवेदी[1] हेमन्त चौधरी[2]

सारांश

हमारी पृथ्वी पर जलवायु तथा मौसम परिवर्तन एवं जलचक्र के नियमित, अनवरत क्रियान्वित रहने की पृष्ठभूमि में वायुताप का विशेष महत्व है । वायुगति एवं वायुमण्डलीय अनेकानेक प्रकार की हलचलों तथा पारिस्थितिक परिवर्तनों के पीछे भी इसका बहुत ही गहरा संबंध है । यह कहना कठिन है कि इसका मापन किसके लिए कितना सार्थक एवं कितना उपयोगी है, परन्तु इस विषय पर आम धारणा यह है कि इसकी उपयोगिता सभी के लिए है चाहे वह मौसम विज्ञानी, भौतिक शास्त्री, भू भौतिक शास्त्री, जलविज्ञानी, जलवायु विज्ञानी हो अथवा अन्य । जलविज्ञान के क्षेत्र में वाष्पन, वाष्पोत्सर्जन, हिमगलन–सरिता जल अपवाह अथवा जलगुणता निर्देशों में प्रयुक्त चर राशियों के आंकलन में इसकी भूमिका अत्यन्त महत्वपूर्ण है ।

वायुताप मापन हेतु परम्परागत तथा आधुनिक अनेकों उपकरण, जिनमें प्रयुक्त सेंसर भिन्न–भिन्न भौतिक गुणों के सिद्धान्त पर आधारित होते हैं और भिन्न–भिन्न स्थान तथा स्थिति के अनुपरक उपयोगी होते हैं, सामान्य रूप से काम में लाये जाते हैं । इनमें कुछ प्रमुख हैं पारे के उपयोग से निर्मित तापमापी, जेबी तापमापी अथवा सामान्य रूप से उपयोग में आने वाले तापमापी जिसमें अधिकतम एवं न्यूनतम ताप मापन में उपयोग होने वाले तापमापी भी सम्मिलित हैं । इनके अतिरिक्त सुदूर संवेदन में प्रयुक्त, कागज चार्ट एवं चुम्बकीय टेप पर अथवा मेमोरी चिप पर अभिलेख अंकित करने वाले अनेकानेक प्रकार के स्वलेखी तापमापक जो वस्तुतः सस्ते, बहुउपयोगी, अतिसंवेदनशील तथा निरन्तर ताप परिवर्तनों को दर्शाने में सक्षम एवं विख्यात हैं, काम में लाये जाते हैं ।

वायुताप के निरन्तर अंकन हेतु सामान्यतया हम यांत्रिक सिद्धान्त पर कार्य करने वाले स्वलेखी तापमापक अथवा तापलेखी (Thermograph) नामक सस्ते उपकरण प्रयोग में लाते हैं । इनमें प्रयुक्त संवेदी भाग द्विधातुनिर्मित तापयुग्मी (Thermocouple) कार्य में लाया जाता है । इन उपकरणों में मान्य मापदण्डों के अनुरूप सावधानी बरतनी आवश्यक होती है, जिससे ये निर्बाध रूप से गुणपरक आंकड़ों के संग्रह में सहायक हों । प्रेक्षकों द्वारा त्रुटि तथा उपयोग संबंधी वांछित शर्तों का समुचित एवं कड़ाई से अनुपालन नहीं होने अथवा उपकरणों के दोषपूर्ण व्यवहार की स्थिति में लगातार उपयोग के फलस्वरूप तापलेखन अभिलेख का त्रुटिपूर्ण हो जाना स्वाभाविक है । ऐसे दोषपूर्ण आंकड़ों का आंख मूंद कर उपयोग, पृथक–पृथक अथवा त्रुटियां एकीकृत होकर जलविज्ञानीय विश्लेषणों के परिणाम को त्रुटिपूर्ण कर सकते हैं ।

---

1 सीनियर टेक्नीशियन, राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की ।
2 वैज्ञानिक 'स', राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की ।

प्रस्तुत लेख में राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूडकी के तापलेखी के अभिलेखित आंकडों का उपयोग कर कुछ मुख्य–मुख्य बिन्दुओं पर भ्रमपूर्ण एवं त्रुटिपूर्ण आंकडों पर प्रकाश डाला गया है । संस्थान के स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन के आधे घण्टे के अन्तर पर लिये गये आंकडों का तुलनात्मक अध्ययन हेतु प्रयोग किया गया है । 'हाइमास' साफ्टवेयर तथा ग्राफर एवं अन्य उपयोगी साफ्टवेयरों के अनुप्रयोग से आंकड़ों को पृथक करके ग्राफ बनाये गये हैं । स्वतापलेखी की उपयोगिता एवं कार्यप्रणाली पर अध्ययन कर आंकडों के मान्य मापदण्डों, सन्दर्भ, प्रतिफल तथा समाधान के मार्गदर्शी सिद्धान्तों की चर्चा की गई है । ऐसा विश्वास है कि प्रस्तुत यह शोध पत्र प्रेक्षण कार्य में संलग्न व्यक्तियों के लिए तथा विश्लेषकों के लिए लाभकारी एवं उपयोगी साबित होगा ।

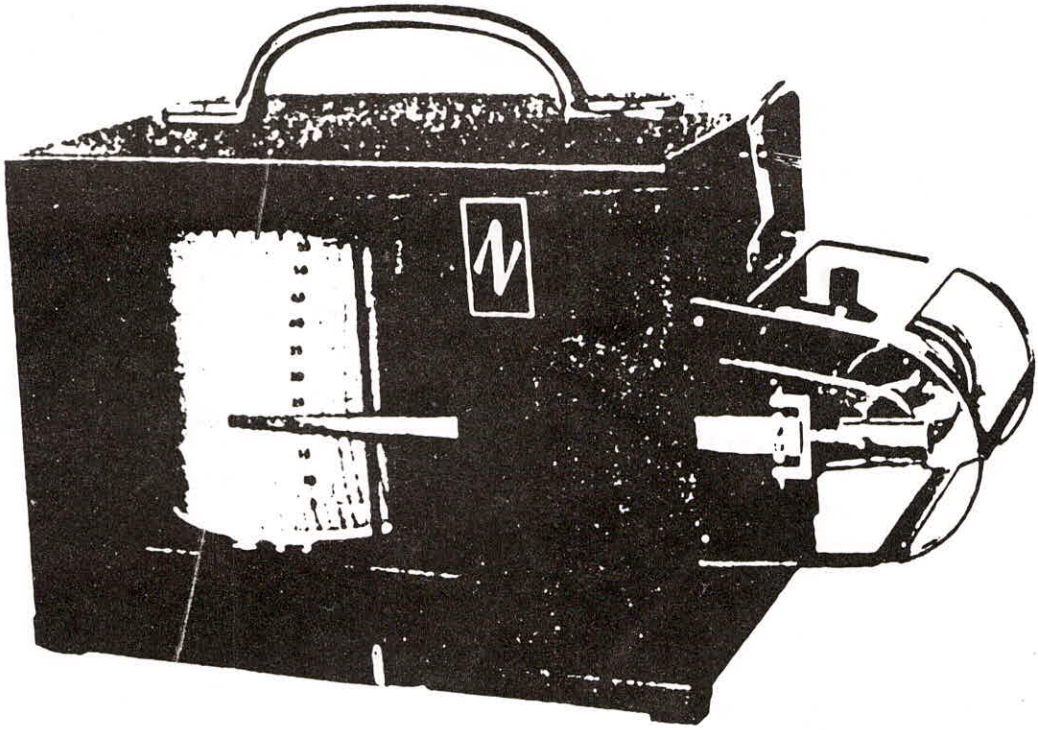
परिचय

पृथ्वी पर चल रहे जलवायु एवं मौसम सम्बन्धित अनेकों क्रिया–कलापों तथा जल चक्र जैसी महत्वपूर्ण प्रक्रिया की विशेष भूमिका का कारण है "वायु–ताप" । उपरोक्त विषयों के वैज्ञानिक अनुसंधान, विश्लेषण अथवा सामान्य अध्ययन हेतु इसका ज्ञान आवश्यक है । वायुताप अथवा वायुमण्डलीय ताप का कारण है "सूर्य ऊर्जा" । पृथ्वी के भिन्न–भिन्न भागों अथवा वर्ष के अलग–अलग समय में इसका मान अलग–अलग होता है । अतः जलविज्ञानीय क्षेत्र में विशेषतया इसका वाष्पन, वाष्पोत्सर्जन तथा हिमगलन एवं अपवाह तथा जलगुणता निदर्शो के व्यवहार तथा प्रयुक्त प्राचालों के परिमाणिक आंकलन में इसका बहुधा उपयोग होता रहता है ।

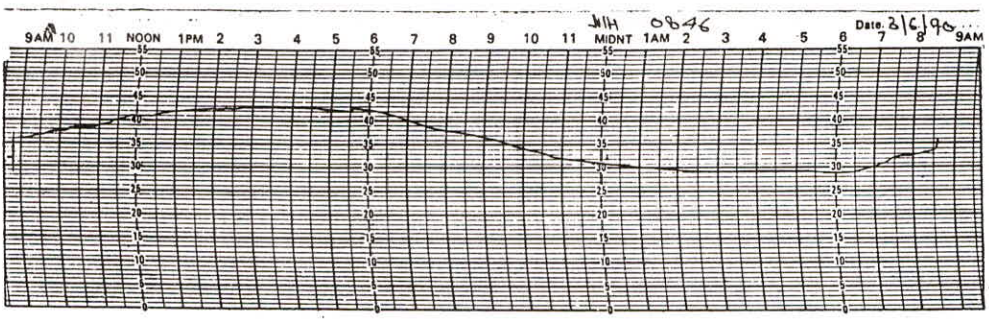
वायुमण्डलीय ताप मापन की अनेकानेक परम्परागत एवं प्रचलित आधुनिक विधियों में "तापलेखी" (चित्र–1) द्वारा निरूपित अभिलेखों को बहुत ही महत्वपूर्ण समझा जाता हे । इसका मुख्य कारण है इस उपकरण द्वारा वायुमण्डलीय ताप परिवर्तन के साथ–साथ लगातार कागज चार्ट पर तापालेख अंकन । छोटा तापीय परिवर्तन भी चार्ट पर आलेखित हो जाता है । (चित्र संख्या–2) ।

सामान्यतया तापलेखी को धरातल से लगभग 1.5 मीटर से 2.0 मीटर की ऊंचाई पर काष्ठ निर्मित श्वेतरंग से रंगे उपकरणीय आश्रय "स्टीवेंशन स्क्रीन" में रखा जाता है । यह आश्रय जालीदार होता है तथा इसमें बिना रोक–टोक वातायन की सुविधा होती है । वर्षा तथा कड़ाके की सर्दी अथवा गर्मी की असामान्य परिस्थितियों में आश्रय के अन्दर एवं बाहर के तापमान में एक से 2 अंश का तापान्तर देखने को मिलता है (ग्रिफिक्स, 1985) । तापलेखी का उपयोग मौसम विज्ञान के क्षेत्र में अधिक है तथा मौसम विज्ञान में प्रयुक्त उपकरणों की उपादेयता, शुद्धता, मौलिकता, सिद्धान्त, संचालन, रख–रखाव एवं निर्माण मजबूती सम्बन्धी विवरण "गाइड टू मेंट्रोलोजिकल इन्स्ट्रूमेन्टस एण्ड आबजर्विंग प्रैक्टिस" (डब्लू0एम0ओ0, 1969) में वर्णित है । मिडलेटन एवं स्पिलहास (1953) के अनुसार 'इन उपकरणों का निर्माण कुछ इस प्रकार किया जाना चाहिए जिससे सामान्य स्तर के तकनीकी व्यक्ति भी इन्हें ठीक से संचालित एवं अनुरक्षित कर सके' । सुगमता एवं दीर्घकालिक उपयोग जैसे कुछ शब्दों की उपकरणों के संबंध में चर्चा 'हैण्ड बुक आफ मैट्रोलोजी' (वूड्स, 1943) में उद्धृत है । वायुमण्डलीय ताप मापन से संबंधित रोचक एवं महत्वपूर्ण जानकारी हारन (1985) तथा ह्वोरेनबोस (1976) द्वारा लिखित पुस्तक "हैण्ड बुक आफ एप्लाईड मैट्रोलोजी" में दिया गया है । इसके अतिरिक्त विभिन्न प्रकार के प्रचलित तापलेखी उपकरणों के निर्माण उपयोग की सीमाओं इत्यादि सम्बन्धित जानकारी वेदर ट्रानिक्स (1984–85) नामक प्रचार पुस्तिका तथा ऐसे ही अनेक कम्पनियों द्वारा जारी बुलेटिनों के माध्यम से संग्रहित किया जा सकता है ।

प्रचलित तापलेखी उपकरणों में प्रयुक्त सेंसर अथवा संवेदनग्राही भाग के निर्माण में मुख्यतया स्टील के अन्दर पारे को भरकर अथवा द्विधातु संयुग्मी कुंडली का प्रयोग होता है । वायुमण्डलीय ताप के बढ़ने अथवा घटने की दशाओं में संवेदन संग्राही भाग की कुंडली में क्रमशः समानुपाती प्रसार अथवा संकुचन होता है, जिसका परिमाण बहुत कम होता है, जो यांत्रिक सिद्धान्तों के अनुप्रयोग से परिवर्धन के पश्चात एक अत्यन्त हल्की धातु निर्मित भुजा को समर्पित किया जाता है । इस भुजा का एक भाग कुंडली के संवेदन संग्राही भाग तथा दूसरा भाग स्याही लगे पेन से सम्बद्ध होता है जो एक यांत्रिक ऊर्जा संचालित स्प्रिंग घड़ी के ऊपर ड्रम पर लिपटे चार्ट पेपर पर अपनी स्थिति अंकित करता रहता



चित्र 1 : द्विधातु निर्मित तापलेखी



चित्र 2 : तापलेखी से प्राप्त ताप आलेख (दिनांक 3.6.90)

है और 24 घण्टे में दैनिक आलेख तैयार हो जाता है । जो घड़ियां 24 घण्टे में ड्रम का एक पूरा चक्कर कराती हैं उनमें दैनिक आलेख प्राप्त होता है परन्तु स्प्रिंग घड़ी में लगे घिर्रियों के उचित परिवर्तन के पश्चात् ड्रम का साप्ताहिक, अर्धमासिक अथवा माहवारी एक चक्कर सम्भव है और साप्ताहिक, अर्धमासिक अथवा माहवारी अभिलेख एक ही चार्ट पर प्राप्त किया जा सकता है ।

प्रस्तुत शोध पत्र में राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की के जल मौसम प्रेक्षणशाला के एक तापलेखी एवं स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन (चित्र संख्या–3अ एव 3ब) से प्राप्त वायुमण्डलीय ताप आंकड़ों का जलविज्ञानीय उपयोग की संभवनाओं के दृष्टिगत तुलनात्मक अध्ययन से प्राप्त त्रुटियों का क्रमिक विवरण, प्रतिफल एवं समाधान के कुछ मुख्य–मुख्य अंशों पर चर्चा की गई है । इसमें स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त ताप आंकड़ों को संदर्भ आंकड़ों के रूप में स्वीकार किया गया है । कम्प्यूटर की सहायता से आंकड़ों के तुलनात्मक आलेख एवं सारिणी प्रस्तुत की गई है । तुलनात्मक अध्ययन से पूर्व हाईमास साफ्टवेयर की मदद से स्वचालित स्टेशन के प्रत्येक आधे घण्टे के आंकड़ों को प्रत्येक घण्टे के आंकड़ों के रूप में परिवर्तित किया गया ।

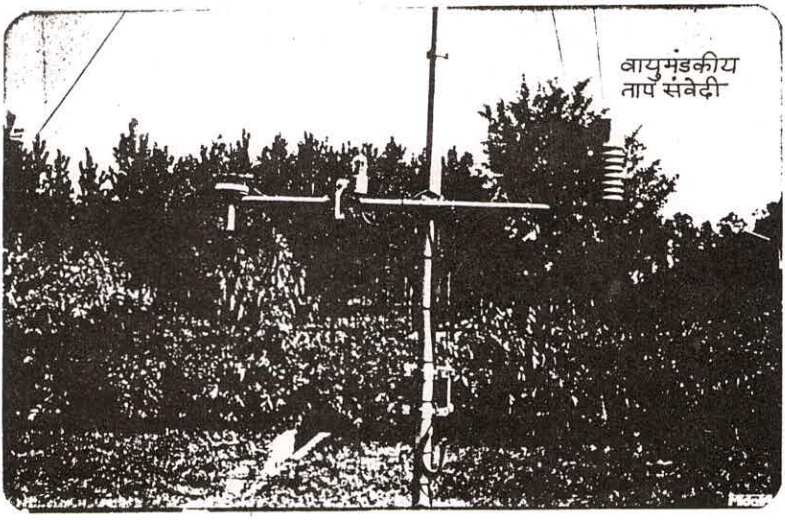
अध्ययन से ऐसा प्रतीत होता है कि प्रेक्षणकार्य में मार्गदर्शी सिद्धान्तों एवं वांछित सीमा शर्तो का शायद कड़ाई से पालन नहीं किया गया तथा संभवतः त्रुटिपूर्ण उपकरण का यथावत अंशाकन के बिना दीर्घकालिक अनवरत उपयोग किया गया जो आंकड़ों के विश्लेषण कार्य में अनुप्रयोग की दृष्टि से कठिनाई उत्पन्न करता है । दो भिन्न स्रोतों से प्राप्त आंकड़ों में समरूपता का अभाव एवं कुछ विशेष स्थलों पर तापलेखी आंकड़ों में आकस्मिक उतार–चढाव, जबकि स्वचालित स्टेशन के आंकड़ों में इसका न होना, तापलेखी आंकड़ों के दोषपूर्ण होने के संकेत हैं । अतः हमारे विचार एवं सुझाव हैं कि ऐसे स्रोत (तापलेखी) द्वारा प्राप्त आंकड़ों का यदि किन्हीं विशेष परिस्थिति में अनुप्रयोग वांछित हो तो उपयोग में लाने के पूर्व ठीक करना आवश्यक है ।

तापलेखी द्वारा प्राप्त तापलेखों में त्रुटियां

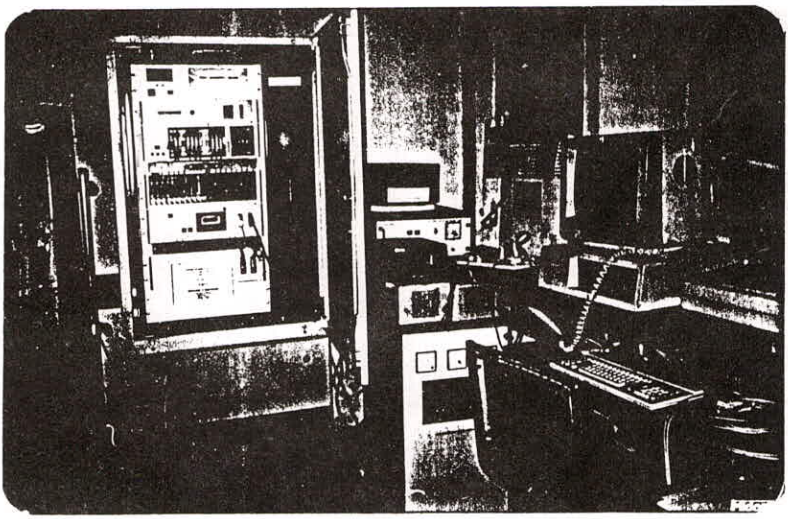
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान के तापलेखी अथवा स्वलेखी तापमापक द्वारा प्राप्त अभिलेखों में दर्शाये गये तापमान को प्रत्येक घन्टे पर पढ़कर कम्प्यूटर में संग्रहीत किया गया । यह संग्रहण वर्ष 1990 के लिये प्रत्येक घन्टे के अंतराल दर पर किया गया । इसी वर्ष के आधे घन्टे के अंतराल पर संस्थान में लगे स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन (चित्र 3) द्वारा प्राप्त वायु तापमानों को "हाइमॉस" साफ्टवेयर की मदद से प्रत्येक घन्टे के अंतराल में परिवर्तित कर संग्रहित किया गया है । इसके पश्चात् दोनों स्त्रोतों से प्राप्त एक घन्टे के अंतराल पर ताप आंकड़ों का तुलनात्मक अध्ययन हाइमॉस साफ्टवेयर के ग्राफिकल डिसप्ले की मदद से किया गया । इस तुलनात्मक अध्ययन के दौरान यह माना गया है कि स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त आंकड़े बिल्कुल सही हैं । ऐसा इसलिये माना है कि इन आंकड़ों को बहुत कठोर मानदण्डों के अनुसार बिल्कुल सही पाकर इसकी पुष्टि की जा चुकी है ।

इस अध्ययन के दौरान देखा गया कि स्वलेखी तापमापक द्वारा प्राप्त आंकड़ों में विभिन्न प्रकार की त्रुटियां हैं । इस प्रकार की त्रुटियां वर्ष के लगभग 90% से ज्यादा अभिलेखों में देखी गयी हैं । इन त्रुटियों के विस्तारपूर्वक विवरण हेतु कुछ अभिलेखों को (चित्र संख्या 4.1 से 4.16 तक) जो कि समूचे वर्ष का एक नमूना रूप है प्रस्तुत किया जा रहा है । पायी गयी विभिन्न त्रुटियों का विवरण इस प्रकार हैं :

(अ) अधिकांश तापलेखी अभिलेखों में सुबह लगभग 9 बजे अचानक परिवर्तन होता है (चित्र संख्या 42, 4.3, 4.4, 4. 5, 4.6, 4.7, 4.9, 4.10, 4.11 व 4.14) जो कि अत्यन्त त्रुटिपूर्ण है । इस प्रकार की त्रुटि का कारण यह लगता है कि जब प्रेक्षणकर्ता सबेरे नया अभिलेख पत्र लगाता है तब उससे पैन की नोक सही स्थान पर लगाने की बजाये थोड़ी हिल जाती है । पेन की नोक के हिलने से सुबह 9 बजे का प्रेक्षण अत्यधिक त्रुटिपूर्ण हो जाता है । चूंकि 9 बजे का प्रेक्षण अभिलेख पर पहला प्रेक्षण होता है इसलिये यदि पिछले अभिलेख या शुष्क बल्ब तापमापी को नही देखा जावे तो इस त्रुटि का आभास प्रेक्षणकर्त्ता को नहीं हो पाता है ।



चित्र 3 (अ): वायुमंड़कीय ताप संवेदी अन्य मौसम संवेदीयों के साथ मास्ट पर



चित्र 3(ब): स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन का डाटा एम्यूजिशन सिस्टम

इस प्रकार की त्रुटि में तीन तरह की बातें सामने आयीं है । पहली तो यह की कुछ दिनों में यह त्रुटि एक दो घन्टे में स्वतः कम होकर नगण्य हो गयी (जैसाकि चित्र संख्या 4.7, 4.8, 4.9, व 4.12 से विदित है) । तीसरी तरह में यह त्रुटि बिलकुल कम नहीं होती है व पूरे दिन का प्रेक्षण त्रुटिपूर्ण होता है (जैसा कि चित्र संख्या 4.2, 4.3, 4.11 व 4.14 से विदित है) ।

(ब) लगभग सभी स्वलेखी तापमापक अभिलेखों से यह पता चला है कि इनसे प्राप्त दैनिक अधिकतम तापान्तर स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त तापान्तर से काफी भिन्न है । यह बात तालिका संख्या 1 के स्तम्भ संख्या 11 से साफ जाहिर होती है । इस कॉलम अथवा स्तम्भ में दिये दैनिक तापान्तरों के अन्तर को देखने से पता चलता है कि इनका परिमाण औसतन 3° सें0 है जो कि बहुत अधिक है । इससे यह पता चलता है कि तापलेखी का तापमान स्केल सही नहीं हैं व इससे हमेशा त्रुटिपूर्ण अधिकतम तापमान प्राप्त होंगे ।

(स) स्वलेखी तापमापक यंत्र से प्राप्त अभिलेखों की स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त अभिलेखों से ध्यानूपर्वक तुलना करने से पता चलता है कि इन दोनों अभिलेखों में समय अक्ष में अंतर है । हमेशा यह देखा गया है कि स्वलेखी तापमापक द्वारा प्राप्त अभिलेख स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन के अभिलेख के दायीं ओर खिसका हुआ है (जैसा कि चित्र संख्या 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.15 व 4.16 से साफ विदित है) ।

(द) ऐसा भी देखने में आया है कि तापलेखी यंत्र से प्राप्त अभिलेखों में शाम के 4 से 6 बजे के लगभग एकाएक परिवर्तन आता है । यह अंतर 2° सें0 से 3° सें0 तक देखा गया है (जैसा कि चित्र संख्या 4.3, 4.4, 4,5, 4.6 व 4. 8 से विदित है) । चूंकि ऐसा परिवर्तन होना स्वाभाविक नहीं हैं और न ही ऐसा परिवर्तन स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन के आंकड़ों में है इसलिये यह त्रुटिपूर्ण प्रेक्षण है जिससे की इसके बाद के 2–3 घंटे तक के तापमान त्रुटिपूर्ण हो जाते हैं ।

तापलेखों में पाई गई इन त्रुटियों का प्रतिफल

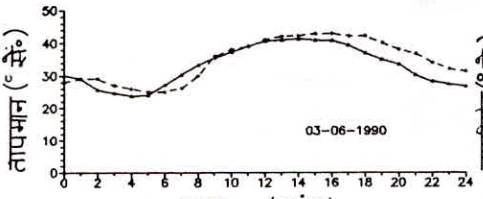
तापलेखी से प्राप्त तापमानों में उपरोक्त त्रुटियों के बहुत से प्रतिफल हो सकते हैं । इनमें से कुछ क़ा वर्णन यहां किया जा रहा है ।

(अ) चूंकि ऐसी त्रुटियां लगभग 90% अभिलेखें में मिली है इसलिए ऐसी स्थिति में इन अभिलेखों की विश्वसनीयता काफी कम हो जाती है । तथा ऐसे अभिलेखों को किसी अन्य जानकारी (जैसे स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त आंकड़ों) की सहायता से ठीक करना अत्यंत दुष्कर साबित हो रहा है ।

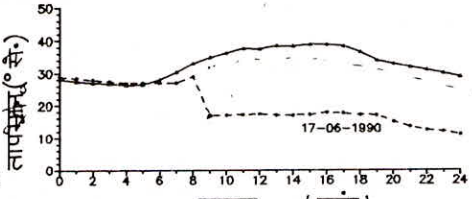
(ब) यदि ऐसी अन्य किसी जानकारी का आभाव हो तो यह बता पाना कि तापलेखी से प्राप्त अभिलेख सही है अथवा कौन सही है अथवा कौन गलत, बहुत कठिन होगा । ऐसी स्थिति में इन अभिलेखों के प्रयोग पर काफी अंकुश लगता है ।

(स) इन त्रुटिपूर्ण अभिलेखों का चारित्रिक परिमाणीकरण तालिका संख्या 1 में दर्शाया गया है । इस तालिका में 16 दिनों के अभिलेखों (जो कि चित्र 4.1 से 4.16 पर दर्शाये गये हैं) को प्रतिनिधि नमूना मानकर इनके चार प्रमुख चरित्रों का परिमाणीकरण किया गया है । ये चार चरित्र हैं – (प) दैनिक न्यूनतम तापमान, (पप) दैनिक अधिकतम तापमान, (पपप) दैनिक अधिकतम तापान्तर व (पअ) दैनिक औसत तापमान ।

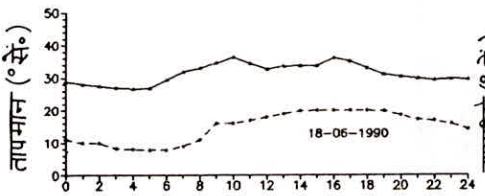
इस तालिका का अवलोकन करने पर देखा जा सकता है कि तापलेखी से प्राप्त दैनिक न्यूनतम तापमान में 0. 3° से लेकर 18.9° से0 तक का अन्तर है जो कि औसतन 5.6° सें0 आंका गया है । इसी तरह दैनिक अधिकतम तापमान में 0.2° सें0 से लेकर 16.3° सें0 तक का अन्तर है तथा औसतन यह अन्तर 3.4° सें0 हैं । चूंकि अधिकतम तथा न्यूनतम



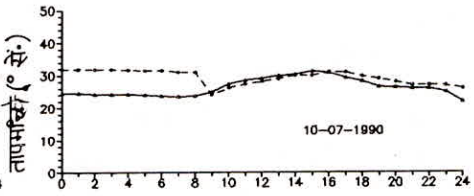
चित्र 4.1



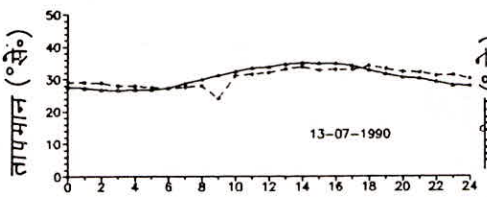
चित्र 4.2



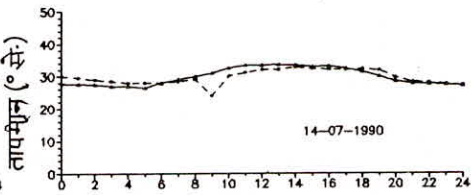
चित्र 4.3



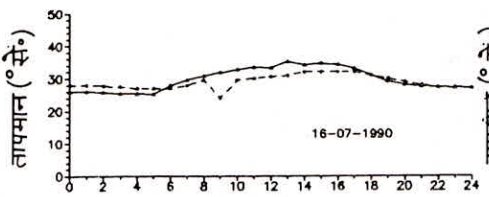
चित्र 4.4



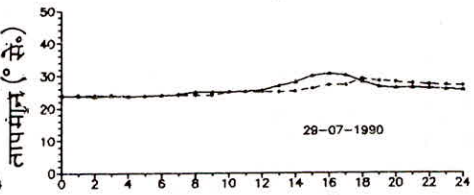
चित्र 4.5



चित्र 4.6



चित्र 4.7

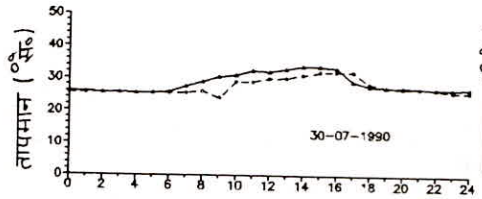


चित्र 4.8

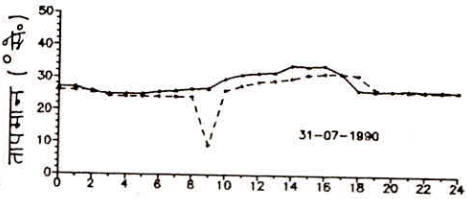
▲—▲—▲ स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त तापमान

●—●—● स्वलेखी तापमापक से प्राप्त तापमान

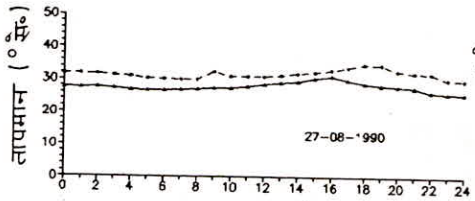
चित्र 4.1 से 4.8 तक



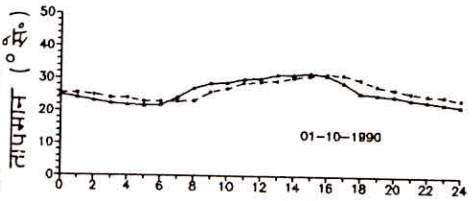
चित्र 4.9



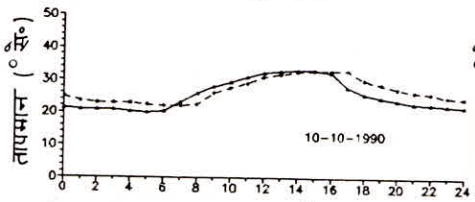
चित्र 4.10



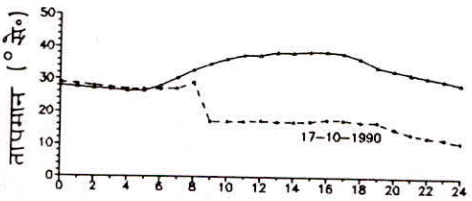
चित्र 4.11



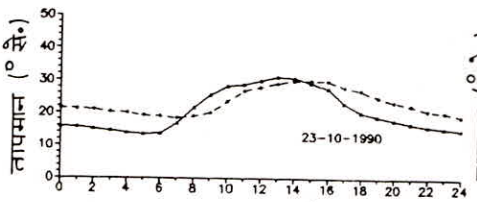
चित्र 4.12



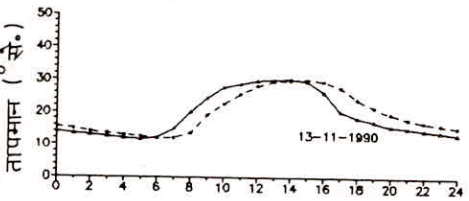
चित्र 4.13



चित्र 4.14



चित्र 4.15



चित्र 4.16

स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त तापमान

स्वलेखी तापमापक से प्राप्त तापमान

चित्र 4.9 से 4.16 तक

तालिका 1 : तापलेखी व स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त दैनिक ताप आंकड़ों की चारित्रिक तुलना

क्रम सं०	दिनांक	न्यूनतम तापमान			अधिकतम तापमान			अधिकतम तापान्तर			औसत तापमान		
		तापलेखी	स्वचालित स्टेशन	अन्तर	तापलेखी	स्वचालित स्टेशन	अन्तर	तापलेखी	स्वचालित स्टेशन	अन्तर	तापलेखी	स्वचालित स्टेशन	अन्तर
1	900604	25.0	23.8	1.2	42.9	41.3	1.6	17.9	17.5	0.4	36.1	34.2	1.8
2	900618	11.0	26.4	15.4	29.0	38.8	9.8	18.0	12.4	5.6	21.0	34.1	13.1
3	900619	7.8	26.7	18.9	20.0	36.3	16.3	12.2	9.6	2.6	15.5	32.6	17.2
4	900711	24.0	21.9	2.1	31.9	31.3	0.6	7.9	9.4	1.5	30.6	27.4	3.2
5	900714	24.0	26.6	2.6	34.0	35.0	1.0	10.0	8.4	1.6	31.7	31.7	0.0
6	900715	24.0	26.5	2.5	32.7	33.5	0.8	8.7	7.0	1.7	30.8	31.0	0.1
7	900717	24.0	25.3	1.3	32.1	35.2	3.1	8.1	9.9	1.8	30.1	31.0	0.9
8	900729	23.8	23.5	0.3	29.0	30.6	1.6	5.2	7.1	1.9	26.6	26.9	0.3
9	900731	24.0	25.5	1.5	32.0	33.8	1.8	8.0	8.3	0.3	28.7	29.8	1.2
10	900801	9.0	25.0	16.0	31.5	33.9	2.4	22.5	8.9	13.6	27.3	29.2	1.9
11	900828	30.0	25.7	4.3	34.8	31.1	3.7	4.8	5.4	0.6	33.0	29.0	4.0
12	901002	23.0	21.7	1.3	31.5	31.9	0.4	8.5	10.2	1.7	27.7	27.1	0.6
13	901011	22.0	20.0	2.0	33.0	33.2	0.2	11.0	13.2	2.2	28.0	26.6	1.4
14	900618	11.0	26.4	15.4	29.0	38.8	9.8	18.0	12.4	5.6	21.0	34.1	13.1
15	901024	18.5	13.5	5.0	30.0	31.3	1.3	11.5	17.8	6.3	24.3	21.5	2.8
16	901114	12.0	11.6	0.4	30.0	30.2	0.2	18.0	18.6	0.6	20.6	19.9	0.7
	औसत			5.63			3.41			3.0			3.93

तापमान का उपयोग अनेकानेक रूपों में किया जाता है अतः विश्लेषण इत्यादि में इस तरह के त्रुटिपूर्ण आंकड़े बहुत ज्यादा खतरनाक साबित हो सकते हैं ।

तालिका संख्या 1 में दैनिक औसत तापमान की गणना भी दर्शायी गयी है । स्वलेखी तापमापक से प्राप्त दैनिक औसत स्वचालित जलविज्ञानीय स्टेशन से प्राप्त दैनिक औसत से काफी भिन्न है तथा इसका परिमाण 0° सें0 से लेकर 17.2° सें0 है तथा औसतन यह अंतर 3.9° सें0 है जो कि अत्यधिक है । इस तरह यदि तापलेखी से प्राप्त आंकड़ों का उपयोग किसी भी प्रकार के जलविज्ञानीय विश्लेषण के लिए किया जाता है तो इसके परिणाम गलत होने के पूरे आसार होते हैं ।

प्रेक्षण में हुई त्रुटियों का समाधान

(अ) प्रेक्षण संबंधी आवश्यक बातें एवं आंकड़ों की शुद्धता हेतु मानदण्ड

तापलेखी उपकरणों की कार्य सीमा हेतु विभिन्न स्रोतों, संदर्भो में भिन्नता पाई जाती है (ब्रिटिश आइसेल की सर्दी मौसम की आलेख सीमांकन –25 से +20°C, गर्मी हेतु –10 से +35°C और समुद्री अनुप्रयोग में 10°C से +55°C (आबजर्बर हैण्ड बुक (1982) तथा –35°C से +45°C (ट्रोरेनबोस, 1976) इत्यादि उल्लेखनीय हैं) । जब तापलेखी ठीक–ठीक काम करता हो तो मान्य त्रुटि सीमा +3°C है, परन्तु त्रुटि सीमा से अधिक त्रुटि का होना कोई असामान्य नहीं है और इस प्रकार की त्रुटि मुख्यतः आश्रय के अन्दर–बाहर के ताप परिवर्तनों से सभव भी है । असामान्य तापान्तर की विशेष परिस्थितियों तथा वातावरण में वर्षा से आये परिवर्तनों की दशा में 0.1 सेन्टीग्रेड की त्रुटि मान्य है । तापलेखी आलेख से पढ़े गये तापमानों को 0.5 सेन्टीग्रेड अथवा पूर्णांक तापमानों के रूप में प्रस्तुत करने की प्रथा कई देशों में प्रचलित है, परन्तु शुद्धता की दृष्टि से सही–सही सारिणीबद्ध करना अधिक उपयुक्त है । जहां आलेखों का प्रयोग मात्र न्यूनतम तथा अधिकतम तापमान ज्ञात करने के लिए किया जाता है वहां पर 0.5°C की शुद्धता रखना परिहार्य है । तापलेखी ठीक से तापमान अभिलेखित करें इस हेतु निम्न शर्तो का होना आवश्यक है :

- तापलेखी आश्रय को अन्दर–बाहर से चमकदार श्वेत रंग पालिस से रंगा होना चाहिए ।
- तापलेखी के दरवाजें अथवा आश्रय के दरवाजें ऐसी स्थिति में होने चाहिए जिससे खुलने पर दोपहर की धूप संवेदनग्राही को प्रभावित न करें ।
- तापलेखी की स्थिति धरती से 1.5 मी0 से 2.0 मी0 ऊंचाई पर होनी चाहिए ।
- ट्रोपिकल क्षेत्र में प्रयुक्त तापलेखी को दो द्वार की अपेक्षा एक द्वार से काम लेने पर आश्रय को 180 अंश घुमाने की व्यवस्था होनी चाहिए; जिससे सूर्य प्रकाश के सीधे उपकरण पर पड़ने से बचाया जा सके ।
- उपकरण के आश्रय की क्षत को दोहरे दीवार की होनी चाहिए; जिससे अधिक विकिरण से बचाया जा सके ।
- स्टीवेंशन स्क्रीन में वातायन का समुचित प्रबन्ध वायु के आवागच्छ को ठीक से नियंत्रित करेगा और आंकड़े शुद्ध होंगे । अधिक विकिरण वाले स्थलों हेतु यह सिद्धान्त परिहार्य है ।
- अधिक शुद्ध आंकड़ों हेतु वायु का बलपूर्वक आवागमन कराया जाता है । ऐसे कार्यो में छोटे विद्युत पंखों का उपयोग किया जाता है ।
- आश्रय को धातु अथवा लकड़ी के खम्भे पर आश्रित किया जाता है और यह इतना मजबूत हो जिससे इसमें कोई कंपन न हो सभी प्रकार के कंपनों से बचाव अच्छा होता है ।
- आश्रय के नीचे भूमि पर घास होनी आवश्यक है । बड़ा कंक्रीट की सतह अथवा ईंट–चूना से निर्मित कोई भी निर्माण नहीं होना चाहिए क्योंकि ऐसा होने से तापमान में 3 से 5°C का अन्तर आ सकता है ।
- स्टीवेंशन स्क्रीन को वर्षामापी एवं वाष्पीकरण यंत्र से दूर रखा जाता है जिससे वाष्पीकरण के दौरान वायु प्रवाह आश्रय में न जा सके ।
- तापलेखी आलेख के पैमाने 0.2, 0.5 अथवा प्रत्येक 1 डिग्री सेन्टीग्रेड पर चिन्हित होते हैं । अतः पैमाने

के अनुसार लेखी को 0.1° सेन्टीग्रेड की शुद्धता पर स्थिर करना आवश्यक होता है । प्रेक्षक इस स्थिति को अपने अनुमान एवं अनुभव से प्राप्त कर सकता है ।

- आंकड़ों के गुणवत्ता की दृष्टि से तापलेखी की लेखी भुजा की लेखनी को स्थिर (सेट) करने के लिए पारे के उपयोग से निर्मित ड्राई बल्ब तापमापी के तापमान का सहारा लेना उचित होता है । सेट करते समय अथवा थर्मामीटर (तापमापी) के तापमान पढ़ते समय उपकरण की आभासी त्रुटि नहीं होनी चाहिए तथा आंख की स्थिति ठीक–ठीक सूचकांक के सीध में होनी चाहिए ।
- तापमापी की लेखनी सेट करते समय पूर्व के तापमान को दृष्टिगत रखना आवश्यक है एवं किसी भी संभावित त्रुटि को आलेख पर दर्ज किया जाना आवश्यक है । पर्यवेक्षकीय जांच भी कभी–कभी आवश्यक है । अनियमित किसी भी त्रुटि को आलेख पत्र पर दर्ज किया जाना आवश्यक है ।
- ताप अक्ष पर तापमानों के अंकित आलेख एवं वास्तविक तापमानों में किसी भी समय 0.30° सेन्टीग्रेड से अधिक नहीं होनी चाहिए । किसी भी अनियमित परिणामों को उपकरण लाग बुक और स्टेशन बुक में दिनांक सहित दर्ज किया जाना चाहिए । जिन प्रेक्षणशालाओं में लाग बुक अथवा स्टेशन बुक नहीं है वहां इनकी सुविधा उपलब्ध कराई जानी चाहिए । अधिकतम एवं न्यूनतम में आई त्रुटि के फैक्टर को दर्ज करना चाहिए एवं तापमानों को ठीक करने में इसे सम्पूर्ण स्केल पर लागू करना चाहिए ।
- प्रायः ऐसा देखा जाता है कि उपकरणों को नियमित ठीक रखने के लिए इनके संवेदक संग्राही भाग का धूल–रहित रहना आवश्यक है । मुलायम ब्रुश और इन्हिबिशाल या मिथाइलेटेड स्प्रिट की सहायता से इन्हें साफ–सुथरा रखा जा सकता है ।
- घड़ी का एक पूरा चक्कर ठीक 24 घन्टे में पूरा होना चाहिए अन्यथा तापमानों के मापन में नियमित "टाइम–स्केल त्रुटि" पैदा कर देता है ।

(ब) मान्य गुणपरक आंकड़ों के संग्रहण से सम्बन्धित कुछ मुख्य बातें (श्रोत - गिल, 1964)

- संवेदी संग्राहक भाग के समुचित क्रियान्वयन के सिद्धान्तों का तथा विभिन्न परिस्थितियों में इसके व्यवहार का ठीक–ठीक ज्ञान का होना आवश्यक है ।
- संवेदी संग्राहक और लेखनी भुजा के सूचकांकों की ठीक स्थिति में लाने के तौर–तरीकों की अच्छी समझ का होना आवश्यक है ।
- मान्य मानदण्डों के अनुरूप उपकरणों को एक जैसा होना तथा किन्हीं विशेष परिस्थिति में जब तापमान तेजी से बदल रहा हो तो उनके संवेदी भाग के कार्य–व्यवहार का भली–भांति ज्ञान आवश्यक है ।
- सही ढंग से उपकरणों का लगाया जाना, जिसमें सही स्थल एवं सीमा अनुरूप इनका ठीक–ठीक उपयोग गुणपरक आंकड़ों के लिए आवश्यक है ।
- नियमित देखरेख ।
- निश्चित एवं पूर्व निर्धारित समय अन्तराल पर अनुरक्षण कार्य का होना ।
- निश्चित अवधि पर अंशांकन (केलिब्रेशन) की जांच ।
- छोटी से छोटी त्रुटि के प्रति सजगता का भाव, जिससे प्रेक्षण की संभावित त्रुटि से बचा जा सके ।

(स) त्रुटिपूर्ण आंकड़ों को त्रुटिहीन बनाने के संबंध में सुझाव

- प्रेक्षणशाला में यदि दैनिक महत्तम (अधिकतम एवं न्यूनतम) तापमान के तथा वायुमंडलीय आर्द्रता के आंकड़े उपलब्ध हों अथवा किसी अन्य समीप के स्टेशन के शुद्ध आलेख उपलब्ध हों तो आंकड़ों को त्रुटिहीन करके काम में लाया जा सकता है ।
- ठीक ८–३० बजे प्रातः एवं ५–३० बजे सांय के शुष्क बल्ब तापमापी के आंकड़े आलेख के त्रुटि को ठीक से समझने एवं ठीक करने में सहायक हो सकते हैं ।
- दैनिक मौसम की बादलों एवं वर्षा तथा अन्य अभिलेखित इस प्रकार की जानकारी से तथा वर्ष के महीने,

सप्ताह के सामान्य परिवर्तनों के ज्ञान से आंकड़ों की गुणवत्ता की परख एवं ठीक करने में सहायता ली जा सकती है।

उपकरणों के ठीक से अंशांकित न होने अथवा अनुपयुक्त उपयोग से अनेकानेक समस्याएं पैदा होती हैं जो उपकरण के अनुप्रयोग को प्रश्नचिन्हित करती हैं । ऊपर से मानवजनित त्रुटियां हैं जो जाने अनजाने में प्रेक्षकों द्वारा होती रहती हैं । फ्रिस्टेचेन और गे (1979) ने अपनी पुस्तक (इनविरान्मेन्टल इन्स्ट्रमेन्टेशन) में उपकरणीय सिद्धान्तों, उपकरणों के ऊपर पड़ने वाले अलग–अलग प्रभावों तथा मान्य आंकड़ों को अभिलेखित करने के संबंध में जानकारी दी है । इन लोगों ने मापन की शुद्धता के स्थान पर मान्य मानदण्डों के गुणरक आंकड़ों के मापन पर बल दिया है । शुद्धता एवं सूक्ष्मग्राहयता के बारे में ए0एस0टी0एम0 (1979) में भी विस्तृत उल्लेख मिलता है । इनविरान्मेन्टल प्रोटेक्शन एजेन्सी (इ0पी0ए0) की इनविरान्मेन्टल मेट्रोलोजिकल सिस्टम लैबोरेट्री द्वारा तैयार "क्वालिटी एश्यूरेन्स मैनुअल फार मेट्रोलोजिकल सिस्टम" (फिंकेस्टीन तथा अन्य 1983) भी मापयंत्रण के कन्ट्रोल प्रोग्राम के संबंध में जानकारी देता है ।

निष्कर्ष

प्रस्तुत शोध पत्र में किये गये अध्ययन से यह स्पष्ट है कि तापलेखी उपकरण द्वारा तैयार दैनिक आलेखों का उपयोग तभी सार्थक हो सकता है जब पत्र में दिये गये मार्गदर्शी सिद्धान्तों का सही परिप्रेक्ष्य में अनुपालन हो तथा प्रेक्षण को उपकरण की कार्यविधि तथा प्रयुक्त सिद्धान्तों का ठीक–ठीक ज्ञान हो और आंकड़ों की उपयोगिता से संबंधित अन्य तथ्यों का भी ज्ञान हो । लेखनी का सेट करते समय तापमान का सही–सही सेट होना आवश्यक है । इसके लिए तापमान की तथा टाइम स्केल की सेटिंग पूर्ण होनी चाहिए । चार्ट को घुमाने वाली घड़ी तथा अभिलेख एवं अंशांकन का निरीक्षण तथा पर्यवेक्षण समय–समय पर होते रहना चाहिए । यह पाया गया कि तापलेखी के आलेखों की त्रुटि अनेकों प्रकार की थी जो जलविज्ञानीय अनुप्रयोग की निमित्त उपयुक्त नहीं है । प्रतिदिन के आलेखित आंकड़ों को प्रयोग से पहले ठीक किया जाना आवश्यक होगा । ऐसा विश्वास किया जाता है कि प्रकार के तापलेखियों, जो कि देश के अन्य भागों में उपयोग में लाये जा रहे हैं, के आलेखों की गुणवत्ता की जांच करने एवं उनके स्तर को सुधार कर उपयोगी बनाने में यह शोध पत्र एक विशेष भूमिका का निर्वाह करने में सहायक सिद्ध होगा ।

आभार

लेखक, राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की के जल–मौसम वेधशाला के आंकड़ों के संग्रहण, विश्लेषण तथा प्रबन्धन कार्य से संबंधित उन समस्त के प्रति आभारी हैं, जिनके प्रत्यक्ष अथवा परोक्ष रूप से इस शोध पत्र को तैयार करने में सहायता प्राप्त हुई ।

सन्दर्भ

अमेरिकन सोसाइटी फार टेस्टिंग एण्ड मेटेरियलस (ए0एस0टी0एम0) 1979. डिफिनीशन्स आफ टर्मस रिलेटिंग टू एट्मासफियरिक सैम्पलिंग एण्ड एनेलिसिस. डी 1356. ए0एस0टी0एम0 स्टैण्डर्ड की वार्षिक पुस्तिका में, फिलाडेल्फिया, ए0एस0टी0एम0.

दोरेनबोस, जे0 (1976) 'एग्रो मेट्रोलोजिकल फिल्ड स्टेशनस', एक एफ0ए0ओ0 प्रकाशन, इरिगेशन एण्ड ड्रेनेज, पत्र संख्या 27, पृष्ठ 93.

ए कोर्स इन एलीमेन्ट्री मेट्रोलोजी', द्वितीय संस्करण (1981), मेट–ओ–911, मेट्रोलोजिकल आफिस, हर मेजेस्ट्रीस स्टेशनरी आफिस, लन्दन

फ्रिस्चेन, एल0जे0 एवं गे, एल0डब्लू (1979) 'इनविरान्मेंटल इन्स्ट्रूमेन्टेशन', न्यूयार्क; स्प्रिगरवर्लैग.

फ्रिन्केस्टीन, पी0एल0; माजरेला, डी0ए0; लोकार्ट, टी0जे0 किंग, डब्ल्यू०जे०; एवं व्हाइट जे०एच० (1983) "हैण्ड बुक फार एअर पालुशन मेजरमेन्ट सिस्टमस", वाल्यूम 4; मेट्रोलोजिकल इन्स्ट्रूमेन्ट्स, इ0पी0ए0 पब्लिकेशन नं0 600/4–82–060, सिन्सिनती; यू0एस0इन्विरान्मेन्टल प्रोटेक्सन ऐजेन्सी, सेन्टर फार इन्विरान्मेन्ट रिसर्च इन्फारमेशन ।

गिल, जी0सी0 (1964) "डाटा वैलिडेशन". प्रोसिडिंग सिम्पोजियम आन इन्विरान्मेन्टल मेजरमेन्टस, पब्लिक हेल्थ सर्विस पब्लिकेशन नं0 999–ए0पी0–15, वाशिंगटन डी0सी0; यू0एस0 डिपार्टमेन्ट आफ हेल्थ, एजूकेशन एण्ड वेलफेयर ।

ग्रिफिथ्स, जोन0एफ0 (1985) "क्लाइमेटोलोजी", हैण्ड बुक आफ अप्लाइड मेट्रोलोजी का चैप्टर–2, पृष्ठ 76–83; जोन विली एण्ड सन्स इन्क, न्यूयार्क, पृष्ठ–1461

"हैण्ड बुक आफ मेट्रोलोजिकल इन्स्ट्रूमेन्ट्स" (1956) पार्ट–I; इन्स्ट्रूमेन्टस फार सर्फेस आब्जर्वेशन; एम0ओ0 577. लन्दन; हर मेजेस्टीस स्टेशनरी आफिस ।

वेदर मेजर वेदर ट्रानिक्स (1985–86), 'जियोफिजिकल इन्स्ट्रूमेन्टस एण्ड सिस्ट्मस, इन्क, कैलिफोर्निया, संयुक्त राज्य अमेरिका पृष्ठ–304.

वर्ल्ड मेट्रोलोजिकल आर्गेनाइजेशन (डब्लू0एम0ओ0) 1969. "गाइड टू मेट्रोलोजिकल इन्स्ट्रूमेन्टस एण्ड आब्जर्विंग प्रैक्टिस", डब्लू0एम0ओ0 नं0 8 टी0पी0 3; जेनेवा/वर्ल्ड मेट्रोलोजिक आर्गेनाइजेशन।

हाटन, जी0सी0 (1964) "हैण्ड बुक आफ अप्लाइड मेट्रोलोजी".

मिडलेटन, डब्लू0ई0के0 एण्ड स्पिलहास, ए0 (1953) "मेट्रोलोजिकल इन्स्ट्रूमेन्टस", तीसरा संस्करण, टोरोन्टो, यूनिवर्सिटी टोरन्टो प्रेस ।

आब्जर्बर्स हैण्ड बुक (1982) चतुर्थ संस्क[illegible] "मेट0ओ0 933, मेट्रोलोजिकल आफिस", हर मेजेस्ट्रीस स्टेशनरी आफिस, लन्दन पृष्ठ–220.