मौसम, **63**, 3 (जुलाई 2012), 489-498

551.501.81

जैसलमेर क्षेत्र में संवहनी मेघों की रेडार प्रतिध्वनियों का अध्ययन

बद्रीनारायण विश्नोई, आनन्द नागर और कालूराम शर्मा

भारत मौसम विज्ञान विभाग, जैसलमेर – 345 001, भारत

(*प्राप्त 5 अप्रैल 2011, संशोधित 18 जनवरी 2012*)

e mail : vishnoibn@yahoo.in

सार – वाष्प कणिकाऐं प्राकृतिक गर्मी पाकर संवहन की क्रिया द्वारा कपासी मेघ और फिर कपासीवर्षी में परिवर्तित होते है। मेघ गर्जन वायुमण्डल में ऊर्जा के आदान–प्रदान की प्रमुख ऐजेन्सी है और इन्हीं के कारण विस्तृत भू–भाग पर वर्षण की क्रिया सम्पन्न होती है। क्षेत्र–विशेष में मेघ गर्जन की प्रतिध्वनियों की आवृतियों की उपलब्धता, ग्लोबल इलेक्ट्रिक सर्किट एवं ग्लोबल इनर्जेटिक्स के अध्ययन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। मेघ गर्जन प्रक्रिया, वर्षण व अन्य कई सम्बन्धित पहलु क्षेत्र–विशेष में एक साथ जुड़े होते हैं। मेघ–गर्जन प्रतिध्वनियों का अध्ययन जलवायविक दृष्टिकोण से जैसलमेर क्षेत्र के लिए अभी तक नहीं किया गया है। जैसलमेर के चारों ओर मेघ–गर्जन की प्रतिध्वनियों पर ध्यान केन्द्रित किया गया है।

अधिकतम प्रभावी मध्यम दर्जे की मौसमी घटनाएं जैसा कि ओलावृष्टि, अतिवृष्टि एवं चंडवाती प्रक्रिया मेघ–गर्जन की ही देन है और इनकी वजह से जान–माल व कृषि के नुकसान की संभावना बढ़ जाती है। लेखकों ने यहाँ रेडार द्वारा ली गई प्रतिध्वनियों का 19 अप्रैल 1993 से 31 दिसम्बर 2010 तक की अवधि के लिए विश्लेषण किया गया। रेडार प्रतिध्वनियों को उनकी ऊँचाई एवं माहवार व्यवस्थित किया गया। सम्पूर्ण वर्ष को मुख्यतया तीन भागों में बांटा गया मानसून पूर्व (मार्च से मई) ; मानसून (जून से सितम्बर) व मानसून पश्चात (अक्टूबर से फरवरी)। रेडार प्रतिध्वनियों का वर्गीकरण उनकी ऊँचाई एवं आवृतियों के अनुसार किया गया। मानसून पूर्व के माह मार्च में प्रतिध्वनि आवृति हालांकि कम मिलती है, मगर अप्रैल एवं मई में प्रतिध्वनियों की आवृतियों के साथ ऊँचाई में भी बढ़ोतरी दर्ज की गई । मानसून अवधि में जून व जुलाई तक प्रतिध्वनियों की आवृतियों व इनकी ऊँचाई में वृद्धि दर्ज की गई, जो प्रमुख वर्षा ऋतु के माह है, मगर अगस्त व सितम्बर माह में रेडार प्रतिध्वनियों की आवृतियों व ऊँचाई दोनों में कमी दर्ज की गई । मानसून पश्चात की अवधि में अक्टूबर, नवम्बर व दिसम्बर माह में रेडार प्रतिध्वनियों की आवृतियों एवं ऊँचाई दोनों में कमी देखी गई, मगर जनवरी एवं फरवरी माह में पश्चिमी विक्षोभ की आवृति में बढ़ोतरी के कारण रेडार प्रतिध्वनियों की आवृति में बढ़ोतरी दर्ज कि गई मगर ऊँचाई में नहीं।

ABSTRACT. Convection of water vapour due to natural heat results in formation of cumulus cloud and then cumulonimbus. Thunderstorm being one of the main agencies of energy exchange in atmosphere and also being the potential source of precipitation on the surface of the earth. An understanding of their frequencies of occurance over a region is useful in many studies like global electric circuit, global energetic etc. Thunderstrom activities, precipitation and many other issues related with thunderstorm over a region are strongly linked with each other. A climatological study of thundrstrom activity over and around Jaisalmer has not so far been done. In the present work, attention has been focused on conducting a comprehensive study of frequency of occurrence of thunderstorm over and around Jaisalmer.

Most of high impact weather phenomenon on mesoscale like hailstorm, heavy rain and squalls are caused by thunderstorms. These cause loss of life, damage to crops and property. Authors have analysed the radar echoes for the period of 19 April 1993 to 31 December 2010. Radar echoes have been arranged according to height and then monthwise also. Complete year has been catogerised into three main seasons, *i.e.*, pre monsoon (March to May) monsoon (June to September) and post monsoon (October to February). Radar echoes have been analysed according to their heights and frequencies. For pre monsoon season in the month of March echoes frequencies found less but for April and May their frequencies as well as height of echoes found in increasing order. For monsoon period, June to July the frequencies as well as height of echoes observed in increasing order and these months are mainly rainy months at Jaisalmer but in the month of August and September the frequencies and height of echoes observed in decreasing order. For post monsoon period, in the months of October, November and December the frequencies and height of echoes observed very less, but in the month of January and Febuary due to western disturbances the frequencies of echoes increases but height of echoes are not enough.

Key words - Radar echoes, Convective clouds, Frequency and Analysis.

1. भूमिका

लेखकों द्वारा रेडार प्रतिध्वनियों का अध्ययन जैसलमेर (26° 55′ उ. ; 70° 54′ पू.) जिला मुख्यालय पर स्थित एवं स्थापित एस–बैण्ड रेडार द्वारा लिए गये प्रेक्षणों के आधार पर किया गया। भारत की भौगोलिक आकृति में जैसलमेर पश्चिमी राजस्थान का सीमावर्ती जिला है। सतह से लेकर 500 हेक्टा पास्कल तक वायुमण्डल में स्थित हवाओं के साथ, सामान्यतया दक्षिण–पश्चिमी वायु जो अरब सागर से नमी लेकर आती है और कपासी (कुमुलस) मेघों का निर्माण, इस क्षेत्र में करती है, इसके अलावा इस क्षेत्र में मानसून पूर्व व मानसून पश्चात के महिनों में मुख्यतया पश्चिमी विक्षोभ (वेस्टर्न डिस्टरबेन्स) के कारण निम्न वायुमण्डलीय दाब का क्षेत्र बनता है और संहवनी मेघों का निर्माण शुरू हो जाता है । मानसून अवधि में मानसून द्रोणी (मानसून ट्रफ) मुख्यतया पश्चिमी राजस्थान (श्री गंगानगर, बीकानेर या जैसलमेर) से बंगाल की खाड़ी तक बनती है और वायुमण्डलीय दाब प्रवणता (एटमोस्टफेरिक प्रेसर ग्रेडियेन्ट) का निर्माण होता है। इसी दाब प्रवणता और ऊपरी वायु–परिसंचरण (सायक्लोनिक सर्कुलेशन) के परिणाम स्वरूप संहवनी मेघों का निर्माण स्वाभाविक प्रक्रिया के तहत होता है।

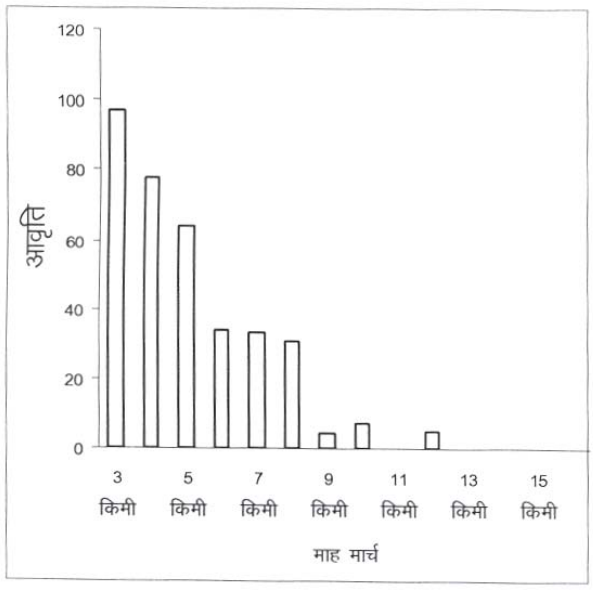
भारतीय भू–भाग उष्णकटिबन्धीय क्षेत्र एवं संवहनी प्रक्रियाओं द्वारा वायुमण्डल को मुख्य रूप से प्रभावित करता है और परिणामस्वरूप भारत में अधिकतम मेघगर्जन की क्रियायें देखने को मिलती है। मेघ गर्जन के साथ तूफान वायुमण्डल में ऊर्जा के आदान–प्रदान की प्रमुख ऐजेन्सी है और भू–भाग पर वर्षण (प्रिसिपटेशन) का मुख्य स्त्रोत भी है। मेघगर्जन की आवृतियों का अध्ययन कुछ क्षेत्रों के लिए बहुत महत्वपूर्ण है, जैसे ग्लोबल इलेक्ट्रिक सर्किट व ग्लोबल इन्जेटिक्स इत्यादि (मनोहर तथा केसरकर, 2003)। भारत के दक्षिण में भू–भाग और समुन्द्र का पास–पास होना और उत्तर–पूर्व के विस्तृत भू–भाग पर सतह का गर्म और उमस भरा होने के कारण ही विस्तृत क्षेत्र में मेघगर्जन विकसित होते हैं जो एक स्वाभाविक प्रवृति है और इस प्रकार की परिस्थितियाँ भारतीय भू–भाग पर वैज्ञानिकों के लिए मेघगर्जन की आवृतियों का अध्ययन करने के लिए बहुत ही उपयुक्त आधार प्रदान करती है जैसा कि मनोहर आदि 1999 में अपने अध्ययन में यह स्पष्ट कर चुके है कि भारत में दक्षिण–पश्चिम मानसून ऋतु में मानसून द्रोणी मेघगर्जन के लिए उपयुक्त क्षेत्र होता है । इस प्रकार के अध्ययन मेघगर्जन प्रक्रिया, वर्षण और अनेकों सम्बधित जानकारियां ज्ञात करने में सहायक सिद्व होते हैं, इसलिए मेघगर्जन से सम्बधित जलवायवीय (क्लायमेटोलोजिकल) अध्ययन अति आवश्यक है।

मुख्यतया मौसम विभाग की पूर्णकालिक वेधशाला में कार्यरत प्रशिक्षित वैज्ञानिक सहायक ही देश में मेघगर्जन के साथ आने वाले तूफानों से सम्बधित जानकारी उपलब्ध करवाते हैं मगर दूर स्थित अदृश्य व दिन में विकसित मेघगर्जन और तूफान की पूर्ण जानकारी उपलब्ध नहीं होती, जब तक कि भौतिक रूप से विकसित मेघगर्जन, प्रेक्षक को नजरों से दिखाई ना देने लगे। अतः इस हेतु रेडार द्वारा लिया गया प्रेक्षण दिन–रात व किसी भी समय में मेघगर्जन और तूफान की पूर्ण जानकारी ज्ञात करने में सहायक सिद्ध होते हैं और वह भी त्रि–आयामी। रेडार केन्द्र से मेघगर्जन की दूरी, मेघ की लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई का पूर्ण ज्ञान व दो–तीन प्रेक्षणों के बाद मेघगर्जन के आगे बढ़ने की सही दिशा का भी ज्ञान हो जाता है। मेघगर्जन व इससे उत्पन तूफान प्रकृति की अद्भूत देन है। एक छोटा सा कपासी मेघ विकसित होकर कपासीवर्षी (कुमुलोनिम्बस) मेघ में परिवर्तित हो जाता है और इसकी बिजली व मेघगर्जन देखते ही बनते हैं (त्यागी, 2007 ; चटर्जी तथा प्रकाश, 1990 ; डे. तथा रक्षित, 1961 ; मणी तथा वेंकिटेशवरन, 1961)। मध्यम दर्जे के मौसमी तन्त्र (मीजोस्केल) जैसे ओलावृष्टि (हेलस्टोर्म), अतिवृष्टि, चण्डवाती प्रक्रिया (स्क्वैल) आदि मेघगर्जन के साथ जुड़ी प्रमुख घटनायें है जिससें एक तरफ मानवता के क्षतिग्रस्त होने का डर है तो दूसरी ओर जान–माल के नुकसान का डर । यदि समय पर मेघगर्जन की स्थिति और उसके आगे बढ़ने की दिशा का ज्ञान हो जाये, तो मेघगर्जन के रास्ते में आने वाले क्षेत्र को सचेत किया जा सकता है जिससे अनजाने में होने वाले नुकसान से बचा जा सके या इसे यथा संम्भव कम किया जा सकता है। इस शोध पत्र में वृष्टि आरम्भ होने के प्रक्रम की भी छानबीन और चर्चा की गई है। जैसा कि चटर्जी तथा प्रकाश (1990) ने अपने अध्ययन में पाया कि, एक संवहनी मेघ की उम्र 40–60 मिनट की होती है और यदि चण्डवाती (स्कवेल) प्रक्रिया आरम्भ होती है तो संवहनी मेघों की उम्र बढ़ती जाती है।

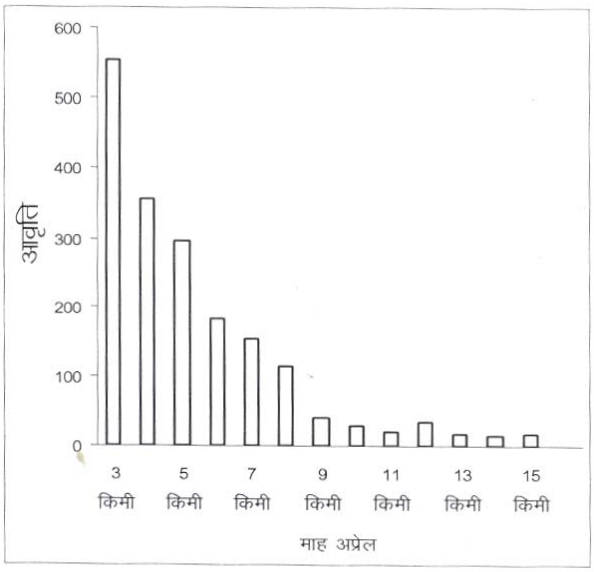
2. आँकड़े एवं विधि

इस स्टेशन के लिए दो तरह की कार्य प्रणाली रेडार प्रेक्षण हेतु उप–महानिदेशक (उपरी वायु उपकरण), नई दिल्ली द्वारा तैयार कर दी गई है। (अ) सक्रिय मौसम (01 अप्रैल से 31 अगस्त) व (ब) निष्क्रिय मौसम (01 सितम्वर से 31 मार्च)। सक्रिय मौसम अवधि में प्रत्येक सिनॉपटिक ऑवर्स के अन्तराल से रेडार प्रेक्षण लिए जाते है और प्रतिध्वनि (ईको) प्राप्त होने पर प्रत्येक घंटे के अन्तराल से रेडार प्रेक्षण लिए जाते हैं। निष्क्रिय मौसम अवधि में रेडार प्रेक्षण प्रातः 0000 यू. टी. सी. से शाम 1400 यू. टी. सी. तक लिए जाते है और मात्र एक जाँच प्रेक्षण 0300 यू. टी. सी. पर लिया जाता है। प्रतिध्वनि मिलने पर या किसी ऐजेन्सी द्वारा माँग किये जाने पर प्रायः प्रत्येक घंटे के अन्तराल से रेडार प्रेक्षण लिए जाते हैं।

जैसलमेर में एस–बैण्ड रेडार जिसे मुख्यालय द्वारा स्टोर्म डिटेक्सन रेडार की श्रेणी में रखा व लगाया गया है। रेडार आँकड़ें 19 अप्रैल 1993 से 31 दिसम्बर 2010 तक की अवधि के लिए संकलित किये गए। रेडार व्यवधान अवधि के आँकड़े इसमे शामिल नहीं किये गए है। इस स्टेशन पर रेडार व्यवधान भी उत्पन हुए, जिसमें रेडार का संचालन संभव नहीं था, उस अवधि में रेडार प्रेक्षण नहीं लिए गए, जिनकी अवधि कुछ घंटो से लेकर कई दिनों तक रही । कुछ घंटो की अवधि को नजर अंदाज किया गया है जबकि कई दिनों की अवधि जिसमें रेडार



चित्र 1.1. मार्च माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



चित्र 1.2. अप्रैल माह कुल प्रतिध्वनि आवृति

प्रेक्षण नहीं लिए गये इस प्रकार है 12 मई से 17 मई 1994 ; 3 मई से 22 मई 1995 ; 28 दिसम्बर 1995 से 27 जनवरी 1996; 19 जून से 20 जून 1996 ; 23 दिसम्बर 1996 से 26 फरवरी 1997 ; 01 सितंबर 1999 से 10 अगस्त 2000 ; 16 मई से 10 जून 2002 ; 21 मार्च से 10 अपैल 2003 ; 15 से 28 अगस्त 2003 व 13 अगस्त से 23 सितम्बर 2006।

रेडार द्वारा संवहनी मेघों की प्रतिध्वनि को माहवार इनकी ऊँचाई के अनुसार व्यवस्थित करने का प्रयास किया गया चित्र–1.1 से 1.12। सम्पूर्ण वर्ष को मुख्यरूप से निम्न तीन भागों में वर्गीकृत किया गया है।

(*i*) मानसून पूर्व (मार्च से मई)

(*ii*) मानसून (जून से सितम्बर)

(*iii*) मानसून पश्चात (अक्टूबर से फरवरी)

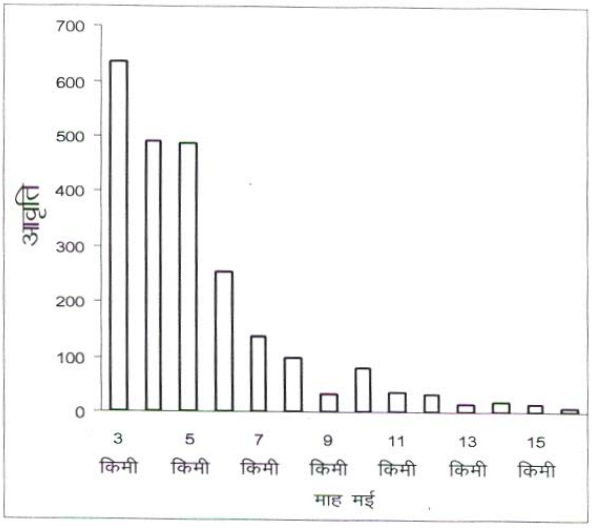
इस रेडार से द्वि–आयामी संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों को प्लान पॉजिशन इंडिकेटर (पी. पी. आई.) मोड में यद्यपि 500 कि.मी. त्रिज्या की परिधि तक में ज्ञात किया जा सकता है मगर संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों का यदि त्रि–आयामी पूर्ण विवरण चाहिए तो मात्र रेंज हाइट इंडिकेटर (आर. एच. आई.) मोड में 200 कि.मी. की त्रिज्या की परिधि तक ही ज्ञात कर सकते है। रेडार सदैव उन्ही संहवनी मेघों की सूचना देता है जिनमें वृष्टि कणिकायें विकसित होकर वृष्टिपात के लायक हो जाए और रेडार ऐन्टिना से जो किरण पुंज बाहर की ओर भेजी जाती है, वर्षण कणिकाओं द्वारा परावर्तित होकर पुनः ऐन्टिना द्वारा ग्रहण की जाती है व हमें रेडार प्रदर्श (डिस्पले) पर संवहनी मेघ की प्रतिध्वनि दिखाई देती है। परावर्तकता (रिफ्लेक्टिविटी) को निम्न सूत्र द्वारा व्यक्त किया गया है।

परावर्तकता $(Z) = \sum ND^6$ जहाँ Z = परावर्तकता
N = कणिकाओं की संख्या
D = कणिका का व्यास

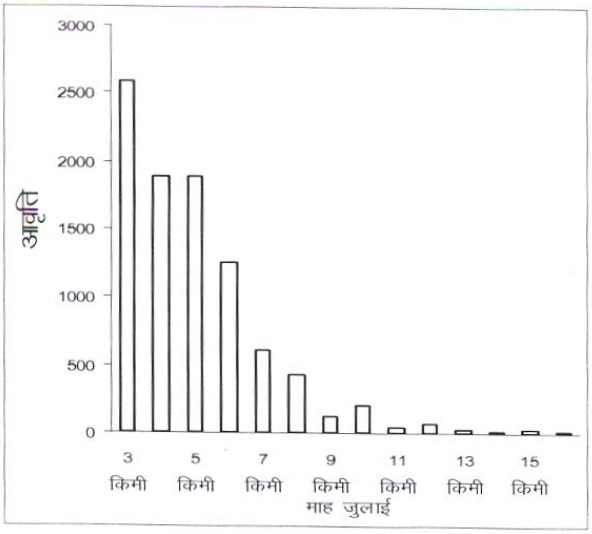
इस शोध पत्र में प्रयुक्त आँकड़े रेडार द्वारा लिए गये संवहनी वृष्टि मेघों की प्रतिध्वनि के आधार पर जैसलमेर को केन्द्र मानकर इसके चारों ओर 200 कि. मी. त्रिज्या की परिधि हेतु तीन अलग–अलग भागों के लिए संकलित किए गए।

जैसलमेर में अप्रैल 1993 से एस–बैण्ड (λ = 10 से. मी.) उच्च क्षमता का भारत इलेक्ट्रोनिक्स लिमिटेड बेल, गाजियाबाद निर्मित रेडार स्थापित है, जिसका विवरण निम्न प्रकार है।

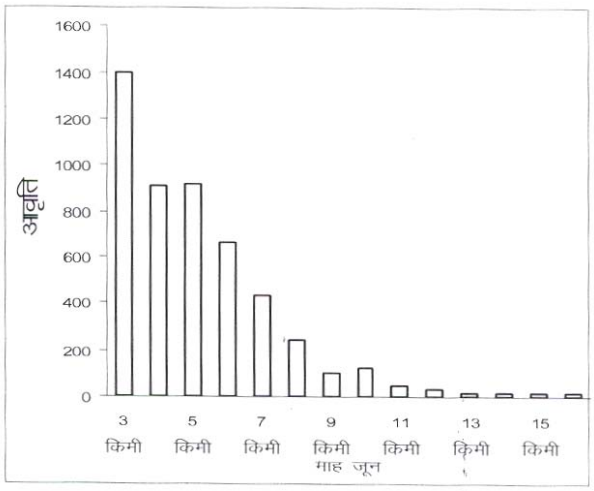
तंरग दैर्ध्य (λ)	: 10 से. मी.
आवृति	: 2800 मेगा हर्ट्ज
प्रेक्षित अधिकतम शक्ति	: 600 कि.वाट
औसत शक्ति	: 300 वाट
पल्स लम्बाई	: 4 मिली सैकण्ड
पल्स चौड़ाई	: 2 माइक्रो सैकण्ड
पल्स पुनरावृति दर (पी. आर. टी.)	: 250 हर्ट्ज
न्यूनतम ग्राह सिगनल (एम. डी. एस.)	: –109 डी. बी. एम.
उर्ध्व एवं क्षैतिज किरण पुंज विस्तृति (बिम वीडथ)	: 1 डिग्री



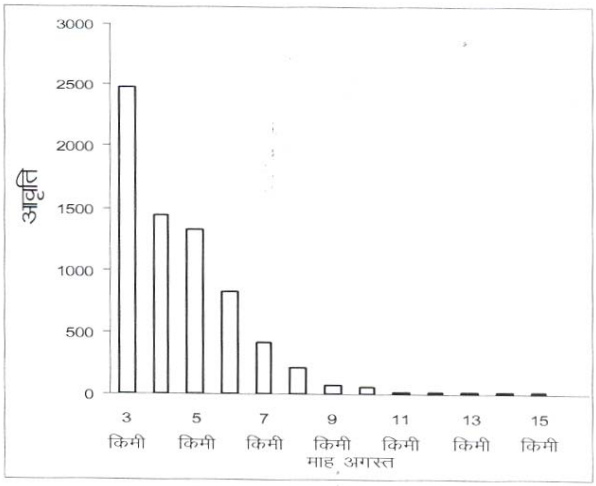
चित्र 1.3. मई माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



चित्र 1.5. जुलाई माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



चित्र 1.4. जून माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



चित्र 1.6. अगस्त माह कुल प्रतिध्वनि आवृति

3. आवृति विश्लेषण

19 अप्रैल 1993 से 31 दिसम्बर 2010 तक की अवधि के लिए संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों को मेघों की ऊँचाई 3 कि. मी. से 16 कि.मी. के अनुसार वर्गीकृत किया गया व औसत प्रतिध्वनियों की संख्या प्रतिवर्ष ज्ञात की गई। चित्र–3, और वर्ष के बारह महिनों के लिए प्रतिध्वनियों की वार्षिक औसत संख्या को ऊँचाई के अनुसार वर्गीकृत कर प्रतिध्वनियों को सारणी संख्या–1 व चित्र–2 में व्यवस्थित किया गया है। 5 कि.मी. ऊँचाई को हम लगभग हिमरेखा मानते है जहाँ संवहनी मेघों में संघटन एवं संलयन विधि द्वारा वृष्टि कणिकाओं का निर्माण होता है इसलिए 5 कि.मी. की ऊँचाई से अधिक ऊँचाई वाली प्रतिध्वनियों का अलग से विश्लेषण किया गया है।

माह जनवरी से दिसम्बर तक की प्रतिध्वनियों की वार्षिक आवृति और प्रतिध्वनियों की ऊँचाई के बीच आलेख (ग्राफ)

सारणी 1

(19 अप्रेल 1993 से 31 दिसम्बर 2010 अवधि के लिए प्रतिध्वनियों का विश्लेषण)

	माह	प्रतिध्वनि ऊँचाई (किलो मीटर)														
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	योग
जनवरी	316	125	86	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	565
फरवरी	343	163	39	20	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	572
मार्च	97	78	64	34	33	31	4	7	0	5	0	0	0	0	353
अप्रैल	552	355	297	181	153	115	40	29	20	33	17	13	17	0	1822
मई	636	491	487	255	137	99	33	82	36	31	16	17	14	8	2342
जून	1402	901	914	661	436	250	103	127	44	34	18	19	13	12	4934
जुलाई	2592	1881	1892	1253	599	421	130	203	39	73	22	15	30	15	9165
अगस्त	2479	1434	1318	818	418	414	75	53	14	17	16	13	16	0	7085
सितंबर	440	461	327	146	99	20	35	8	8	2	3	3	1	0	1553
अक्टूबर	80	66	61	33	22	19	19	12	5	7	5	0	0	0	329
नवंबर	40	39	19	10	14	7	3	3	0	0	0	0	0	0	135
दिसंबर	58	23	12	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	105
योग	9035	6017	5516	3456	1919	1380	442	524	166	202	97	80	91	35	28960
प्रतिशत	31.19	20.77	19.05	11.93	6.62	4.76	1.53	1.8	0.57	0.69	0.33	0.27	0.31	0.12	
वार्षिक औसत	564.7	376.0	344.8	216.0	120.0	86.2	27.6	32.8	10.4	12.6	6.0	5.0	5.7	2.2	

लिए गये और पाया की मानसून पूर्व की अवधि (मार्च से मई) के लिए संवहनी मेघों की प्रतिध्वनि मार्च माह से आरम्भ करते हैं, जो दो ऋतुओं (सर्दी और गर्मी) के परिवर्तन की अवधि भी है के दौरान 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई की कुल 353 प्रतिध्वनियाँ (वार्षिक औसत 22 प्रतिध्वनियाँ) दर्ज की गयी जो कुल अवधि का 1.22 प्रतिशत है (चित्र–1.1) और 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या माह के दौरान 178 (वार्षिक औसत 11.1 प्रतिध्वनियाँ) रही जो मार्च माह की कुल प्रतिध्वनियों का 50.42 प्रतिशत है। अप्रैल माह में जैसे ही गर्मी का प्रभाव शुरू होता है, संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की संख्या 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक 1822 (वार्षिक औसत 113.9 प्रतिध्वनियाँ) दर्ज की गई व कुल प्रतिध्वनियों की तुलना में 6.29 प्रतिशत रही जो बढ़ोतरी दर्शाती है और 5 किमी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या माह के दौरान 915 (वार्षिक औसत 57.2 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 50.22 प्रतिशत है (चित्र–1.2)।

मई माह में संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की संख्या 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक 2342 (वार्षिक औसत 146.4 प्रतिध्वनियाँ) दर्ज की गयी जो कुल प्रतिध्वनियों का 8.08 प्रतिशत रही व बढ़ोतरी के साथ–साथ प्रतिध्वनियों की ऊँचाई 3 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की आवृति में भी बढ़ोतरी दर्ज

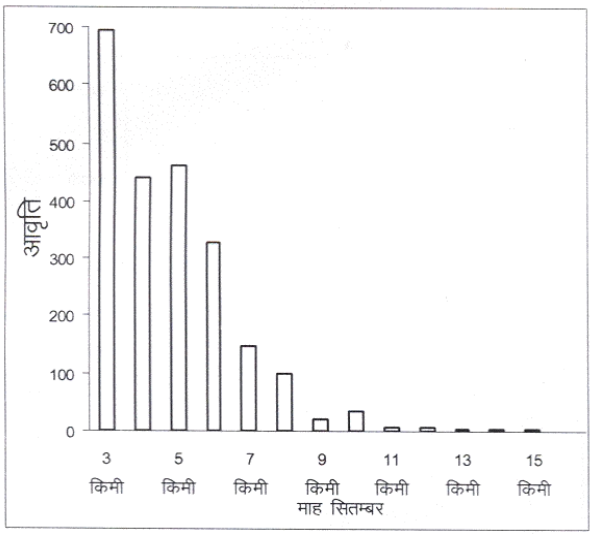
सारणी 2

विभिन्न ऊँचाई में प्रतिध्वनियों का विश्लेषण

माह	3 से 16 कि.मी. ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या	कुल अवधि के लिए कुल प्रतिध्वनियों के अनुसार प्रतिशतता	3 से 16 कि.मी. ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की वार्षिक औसत संख्या	5 कि.मी. से अधिक ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या	कुल अवधि के लिए कुल माहवार प्रतिध्वनियों के अनुसार प्रतिशतता	5 कि.मी. से अधिक ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की वार्षिक औसत संख्या
जनवरी	565	1.95	35.3	124	21.95	7.8
फरवरी	572	1.97	35.8	66	11.54	4.1
मार्च	353	1.22	22.1	178	50.42	11.1
अप्रैल	1822	6.29	113.9	915	50.22	57.2
मई	2342	8.08	146.4	1215	51.88	75.9
जून	4934	17.04	308.4	2631	53.32	164.4
जुलाई	9165	31.65	572.8	4692	51.20	293.3
अगस्त	7085	24.46	442.8	3172	44.77	198.3
सितंबर	1553	5.36	97.1	652	41.98	40.8
अक्टूबर	329	1.14	20.6	183	55.62	11.4
नवंबर	135	0.47	8.4	56	41.48	3.5
दिसंबर	105	0.36	6.6	24	22.86	1.5

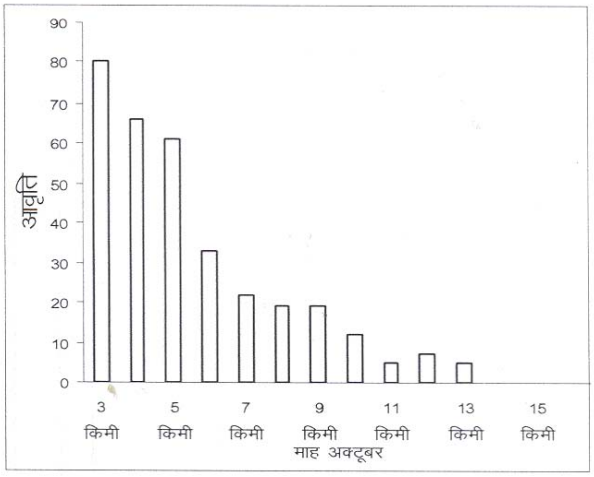
की गई और 5 कि.मी. से 16 कि. मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या माह के दौरान 1215 (वार्षिक औसत 75.9 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 51.88 प्रतिशत है (चित्र 1.3)।

मानसून अवधि (जून–सितम्बर) के लिए संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों में विशेष कर बढ़ोतरी दर्ज की गई और इसी अवधि में इस क्षेत्र में वर्षा होती है। जून माह में 3 कि. मी. से 16 कि.मी. तक ऊँचाई की कुल 4934 (वार्षिक औसत 308.4 प्रतिध्वनियाँ) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जो कुल अवधि का 17.03 प्रतिशत है और जून माह में 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 2631 (वार्षिक औसत 164.4 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 53.32 प्रतिशत है (चित्र 1.4), व इसी प्रकार जुलाई माह में वर्ष की सबसे ज्यादा संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियाँ 9165 (वार्षिक औसत 572.8 प्रतिध्वनियाँ) रही जो कुल अवधि का 31.65 प्रतिशत है, दर्ज की गई और 5 से 16 कि. मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 4692 (वार्षिक औसत 293.3 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 51.20 प्रतिशत है (चित्र 1.5)। अगस्त माह में जुलाई की तुलना में संवहनी मेघों की 3 कि. मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या 7085 (वार्षिक औसत 442.8 प्रतिध्वनियाँ) थी जो थोड़ी कम व जिसका प्रतिशत 24.46 रहा और 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 3172 (वार्षिक औसत 198.3 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 44.77 प्रतिशत है (चित्र 1.6)। सितम्बर माह में संवहनी मेघों की 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक

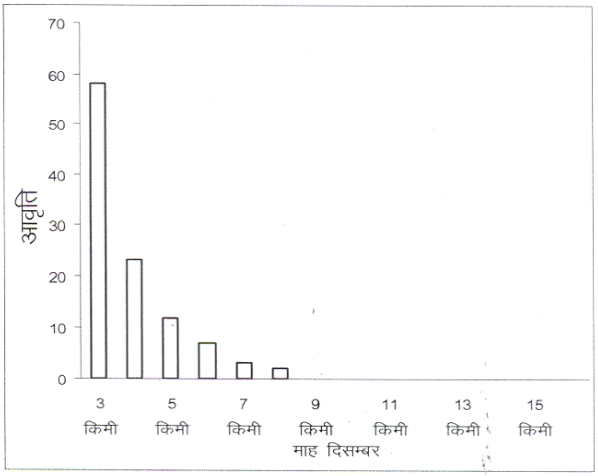


चित्र 1.7. सितंबर माह कुल प्रतिध्वनि आवृति

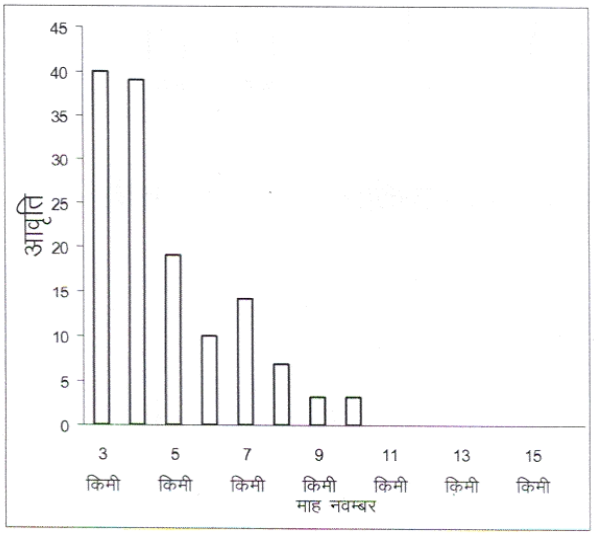
की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या 1553 (वार्षिक औसत 97.1 प्रतिध्वनियाँ) रही जो कुल प्रतिध्वनियों का 5.36 प्रतिशत है व 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 652



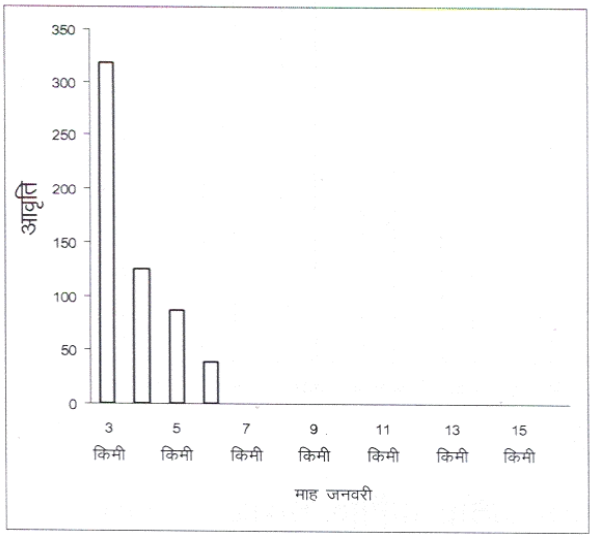
चित्र 1.8. अक्टूबर माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



चित्र 1.10. दिसम्बर माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



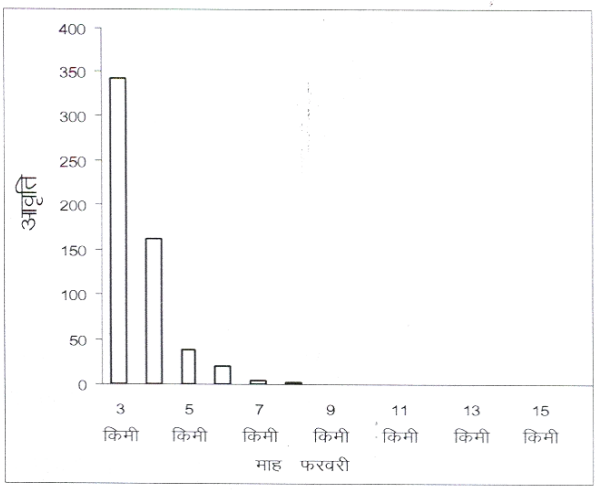
चित्र 1.9. नवम्बर माह कुल प्रतिध्वनि आवृति



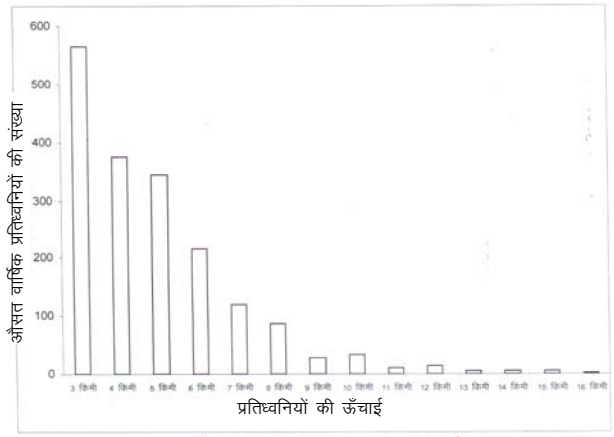
चित्र 1.11. जनवरी माह कुल प्रतिध्वनि आवृति

(वार्षिक औसत 40.8 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 41.98 प्रतिशत है चित्र (1.7)। घटती प्रतिध्वनियों की संख्या मानसून के विदाई का संकेत देती है।

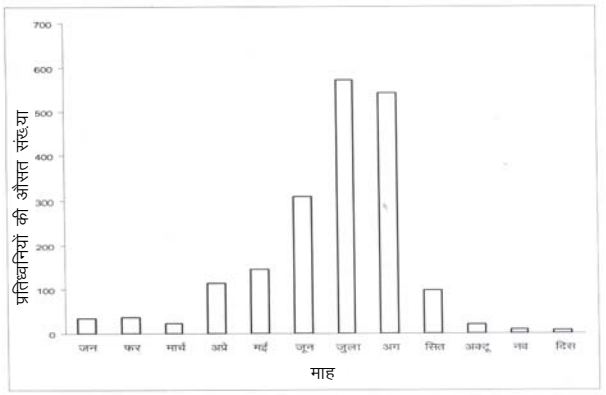
मानसून पश्चात (अक्टूबर–फरवरी) की अवधि में अक्टूबर माह फिर से दो ऋृतुओं (मानसून और सर्दी) के परिवर्तन की अवधि होने के कारण इस क्षेत्र में संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की संख्या में अचानक कमी आती है और अक्टूबर माह में संवहनी मेघों की 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या 329 (वार्षिक औसत 20.6 प्रतिध्वनियाँ) रही जो की 1.14 प्रतिशत है दर्ज की गई और 5 से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 183 (वार्षिक औसत 11.4 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 55.62 प्रतिशत है (चित्र 1.8)। नवम्बर माह में संवहनी मेघों की 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या 135 (वार्षिक औसत 8.4 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 0.47 प्रतिशत है और 5 कि. मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 56 (वार्षिक औसत 3.5 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 41.48 प्रतिशत है (चित्र 1.9)। दिसम्बर माह में संवहनी मेघों की 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या 105 (वार्षिक औसत 6.6 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 0.36 प्रतिशत है और 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 24 (वार्षिक औसत 1.5 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 22.86 प्रतिशत है (चित्र 1.10)।



चित्र 1.12. फरवरी माह अप्रैल कुल प्रतिध्वनि आवृति



चित्र 3. औसत वार्षिक प्रतिध्वनियों की आवृति व ऊचाई



चित्र 2. माहवार प्रतिध्वनियों की औसत संख्या

इस अवधि में सारणी 1 से अवलोकन करने पर ज्ञात होता है कि संवहनी मेघों की ऊँचाई मार्च से जुलाई माह तक निरन्तर वृद्धि दर्ज की गई और अगस्त माह से निरन्तर कमी आई है। अधिकतम ऊँचाई मार्च माह में 12 कि.मी. तक व अप्रैल माह में 15 कि.मी. तक और मई, जून व जुलाई माह में 16 कि.मी. तक दर्ज की गई। अक्टूबर माह में अधिकतम ऊँचाई 13 कि.मी. तक दर्ज की गई ; नवम्बर माह में अधिकतम ऊँचाई 10 कि.मी. तक तथा दिसम्बर माह में अधिकतम ऊँचाई 8 कि मी. तक दर्ज की गई । मानसून पूर्व के माह मार्च, अप्रैल व मई तक संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की ऊँचाई के साथ–साथ इनकी आवृति में भी बढ़ोतरी दर्ज की गई और मानसून माह जून, जुलाई एवं अगस्त में संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की ऊँचाई व आवृति दोनों में बढ़ोतरी दर्ज की गई।

जनवरी और फरवरी माह मे पश्चिमी विक्षोभ की आवृति में बढ़ोतरी के कारण संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की संख्या में भी बढ़ोतरी होती है जैसा कि जनवरी माह में कुल संवहनी मेघों की 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियों की कुल संख्या 565 (वार्षिक औसत 35.3 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 1.95 प्रतिशत है और 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 124 (वार्षिक औसत 7.8 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 21.95 प्रतिशत है (चित्र 1.11)। जबकि फरवरी माह में संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की संख्या 572 (वार्षिक औसत 35.8 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 1.97 प्रतिशत है और 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 66 (वार्षिक औसत 4.1 प्रतिध्वनियाँ) रही जो 11.54 प्रतिशत है, (चित्र 1.12) तथा अधिकतर संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियाँ 3 कि.मी. ऊँचाई तक की पाई गई व 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की प्रतिध्वनियों की संख्या 13908 रही जो 48.02 प्रतिशत है।

4. परिणाम

पश्चिमी राजस्थान के सीमावर्ती जिला मुख्यालय जैसलमेर के चारों ओर संवहनी मेघों का अध्ययन जलवायविक दृष्टिकोण से आवश्यक है जैसा की सारणी संख्या 2 से ज्ञात होता है कि मानसून पूर्व के माह मार्च, अप्रैल व मई में संवहनी मेघों की आवृति व ऊँचाई दोनों में उत्तरोत्तर वृद्धि दर्ज की गई । मार्च माह के लिए उक्त अवधि (19 अप्रैल 1993 से 31 दिसम्बर 2010) के लिए 3 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 353 (1.22 प्रतिशत) व 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 178 (50.42 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.1)। इसी प्रकार अप्रैल माह में कुल प्रतिध्वनियाँ 1822 (6.29 प्रतिशत) दर्ज की गई व 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई

तक की प्रतिध्वनियाँ 915 (50.22 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.2) और मई माह में कुल प्रतिध्वनियाँ 2342 (8.08 प्रतिशत) दर्ज की गई व 5 कि. मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 1215 (51.88 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.3)।

मानसून अवधि के माह जून में कुल 4934 (17.03 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई व 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 2631 (53.32 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.4)। जुलाई माह में सर्वाधिक 9165 (31.65 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जबकि 5 कि.मी. से 16 कि. मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 4692 (51.20 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.5)। अगस्त माह में कुल 7085 (24.46 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जबकि 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 3172 (44.77 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.6)। सितम्बर माह में कुल 1553 (5.36 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई जबकि 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 652 (41.98 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.7) मगर अक्टूबर माह में कुल 329 (1.14 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जबकि 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 183 (55.62 प्रतिशत) दर्ज की गई जो सबसे अधिक प्रतिशतता दर्शाती है (चित्र 1.8)। नवम्बर माह में कुल 135 (0.47 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जबकि 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 56 (41.48 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.9)। और दिसम्बर माह में कुल 105 (0.36 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई जो वर्ष के सभी महिनों में सबसे कम है जबकि 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 24 (22.86 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.10)। जनवरी माह से पश्चिमी विक्षोभ की आवृति में बढ़ोतरी आरम्भ हो जाती है व माह के दौरान कुल 565 (1.95 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जबकि 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 124 (21.95 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.11)। इसी प्रकार फरवरी माह में कुल 572(1.97 प्रतिशत) प्रतिध्वनियाँ दर्ज की गई, जबकि 5 कि.मी. से 16 कि. मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियाँ 66 (11.54 प्रतिशत) दर्ज की गई (चित्र 1.12)। यहाँ पर यह देखना जरूरी है कि पश्चिमी विक्षोभ के कारण प्रतिध्वनियों में बढ़ोतरी तो दर्ज की गई मगर 5 कि.मी. से 16 कि.मी. ऊँचाई तक की प्रतिध्वनियों की प्रतिशतता में कमी देखी गई और इसका कारण है कि जनवरी व फरवरी माह में मेघों की ऊँचाई पर उपरी वायु उत्तर–पश्चिमी जो सर्द होने के कारण संवहन की क्रिया नहीं हो पाती इसलिए जनवरी माह के लिए 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की संवहनी प्रतिध्वनियों की प्रतिशतता मात्र 21.55 है जबकि फरवरी माह के लिए 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की संवहनी प्रतिध्वनियों की प्रतिशतता घट कर 11.54 ही रह जाती है । माहवार प्रतिध्वनियों की आवृति (चित्र 2) से प्रदर्शित की जाती है जहाँ पर जनवरी माह से कुल प्रतिध्वनियों की बढ़ती आवृति जुलाई माह में चरम पर पहुंचती है और फिर ढ़लान की ओर अग्रसर हो जाती है। ऊँचाई के आधार पर भी प्रतिध्वनियों का विश्लेषण किया गया है जहाँ 3 कि.मी. की प्रतिध्वनियाँ सबसे अधिक और फिर ऊँचाई के साथ प्रतिध्वनियों की आवृति में निरन्तर कमी दर्ज की गई।

5. निष्कर्ष

मेघ गर्जन व तूफान, प्रकृति की अद्भूत देन है जहाँ किसान व खेतीहर वर्षा का आगमन देख कर इसका स्वागत करते है तो दूसरी ओर विमानन (एवियेशन) वाले इसको श्राप मानते है और दोनों अपनी–अपनी जगह सही है। बदलते युग में नई तकनीक का उपयोग (रेडार प्रेक्षण) क्षेत्र विशेष में संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की आवृतियों और उनकी ऊँचाईयों का ज्ञान होना आवश्यक है। एक संवहनी मेघ की ऊँचाई ही यह तय करती है कि उसकी विभिषिका कैसी रहेगी ? अनजाने में होने वाले जान व माल के नुकसान से बचाने की उच्चतम युक्ति है रेडार द्वारा लिए गये आँकड़े जो कि दिन–रात एक समान विश्वसनीय होते है तथा प्रतिध्वनि/ प्रतिध्वनियों की सही दूरी व स्थिति का ज्ञान करवाते है। संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों की ऊँचाई एवं आवृति मानसून पूर्व व मानसून अवधि के माह जुलाई तक निरन्तर वृद्धि करते है मगर अगस्त माह के उत्तरोत्तर से संवहनी मेघों की प्रतिध्वनियों में कमी आती है मगर अक्टूबर माह एक मात्र ऐसा माह है जिसमें 5 कि.मी. से 16 कि.मी. तक की ऊँचाई की प्रतिध्वनियाँ 55.62 प्रतिशत रहती है जो सबसे ज्यादा व एक मात्र अपवाद है।

6. आभार

इस शोध पत्र में सुधार हेतु अमूल्य सुझावों के लिए लेखकों द्वारा पुनरीक्षक के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त किया जाता है। लेखकों द्वारा उप–महानिदेशक, प्रादेशिक मौसम केन्द्र, नई दिल्ली व महानिदेशक, नई दिल्ली द्वारा शोध कार्य के प्रति प्रेरित करने पर हार्दिक आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

चटर्जी, आर. एन. तथा प्रकाश, प्रेम, 1990, ''सम आसपेक्टस ऑफ कॉनवेक्टिव क्लाउडस अराउण्ड देहली'', *मौसम,* **41**, 3, 475–482।

डे, ए. सी. तथा रक्षित, डी. के., 1961, ''रेडार ऑबजरवेशन ऑन द फॉरमेशन ऑफ कुमुलस कलाउडस नियर कलकत्ता डयूरिगं द मानसून सिजन'', *इण्डियन ज़े. मेट. जियोफिजिक्स,* **12**, 2, 289–298।

मणी, ए. तथा वेंकेटेशवरन, एस. पी., 1961, ''रेडार स्टडीज ऑफ रेन विथ स्पेशल रेफरेंन्स टू इनिशियल रिलिज ऑफ प्रिसिपिटेशन इन क्लाउडस ऑवर पूना'', *इण्डियन जे. मेट. जियोफिजिक्स,* **12,** 2, 299–306।

मनोहर, जी. के. तथा केसरकर, ए. सी., 2003, ''क्लाइमेटोलोजी ऑफ थण्डरस्टोर्म एक्टिविटी ओवर इण्डियन रिजन'', ए स्टडी ऑफ इस्ट–वेस्ट कान्ट्रास्ट।

त्यागी, अजीत, 2007, ''थण्डरस्टोर्म क्लाइमेटोलोजी ओवर इण्डियन रिजन'' *मौसम*, **58**, 2, 189–212।