

सूखे की स्थिति में जल संसाधन प्रबंधन

मनीष कुमार नेमा

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

सारांश

सूखा, सभी प्राकृतिक आपदाओं में सबसे अधिक विनाशकारी आपदा में से एक है, जो मानव-जीवन, कृषि, पशुधन आदि सभी को प्रभावित करता है। सूखा या तो उप-सामान्य वर्षा, अनियमित वर्षा वितरण, अधिक पानी की आवश्यकता या इन सभी कारकों के संयोजन से उत्पन्न पानी की उपलब्धता में कमी के कारण होता है। सूखे को तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है, मौसम-विज्ञानीय सूखा, जल-विज्ञानीय सूखा और कृषि सूखा। जब किसी वर्ष में कुल वास्तविक वर्षा, औसत वार्षिक वर्षा की तुलना में 25% कम हो तब सूखा, मौसम-विज्ञानीय सूखे के रूप में चिह्नित होता है। और जब सतही जल की कमी के कारण नदियों में बहुत कम धारा प्रवाह रह जाता है तो इसे जल-विज्ञानीय सूखा कहते हैं। और जब मिट्टी में नमी के कारण फसल पर दुष्प्रभाव पड़ता है और फसलों की उत्पादकता में कमी आती है तो इसे कृषि सूखा की संज्ञा दी जाती है। सूखे की स्थिति में, जल प्रबंधन की रणनीति सामान्य दिनों की अपेक्षा अलग होनी चाहिए और उसी रणनीति के लिए योजनाबद्ध रूप से नई तकनीकी और कौशल विकसित करने की महती आवश्यकता है। सूखा सूचकांक (Drought indices), वर्षा में कमी, वर्षा आरंभ की अवधि, सूखे की गंभीरता और वर्षा समाप्ति क्रम आदि के संदर्भ में विश्लेषण करना सूखे के नियंत्रण और प्रबंधन के लिए यथार्थवादी एवं सतही नियोजन विकसित करने के लिए अति महत्वपूर्ण मापदंड हैं। इस शोधपत्र में, सूखे की परिभाषा, विभिन्न प्रकार के सूखे और उनके लक्षण का वर्णन, सूखे की स्थिति के दौरान योजना और जल संसाधनों के प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण रणनीतियों पर सविस्तार प्रकाश डाला गया है।

मुख्य शब्द : सूखा, वर्षा-विश्लेषण, शुष्क-क्षेत्र, सूखे की गंभीरता।

Abstract

Drought is one of the most devastating disaster among all the natural disasters, which affects all the aspects of life such as agriculture, livestock, human-life etc. Drought occur due to decrease in the availability of water caused by sub-normal rainfall, erratic rainfall distribution, more water demand or any combination of these factors. Drought can be classified into three categories, climatic, hydrological and agricultural drought. When, the actual rainfall in a year is less than 25% of the average annual rainfall then the drought is marked as climatic drought. In a condition, when stream flow remains very low due to lack of surface water in rivers, it is called hydrological drought. And because of lack of soil moisture in the root zone, which reduces the crop productivity and crop yields, it is known as agricultural drought. In drought conditions, the water management strategies must be different than usual ones. The development the new strategies, technologies and skills to combat and mitigate the drought impacts with proper planning is crucial and need of the hour. Drought indices are most commonly and important criteria used to develop realistic and superficial planning for drought control and management based on various analysis in terms of decrease in precipitation, rainfall starting period, severity of the drought, rain termination sequence etc. In this paper, the definition of drought, various types of droughts and their characterization and important strategies for planning and management of water resources during the drought conditions has been elaborated.

Keywords: Drought, Rainfall Analysis, Dry Region, Severity of Drought

1. प्रस्तावना:

सदियों से दुनिया के विभिन्न भागों में अप्रत्याशित आवृत्तियों के लिए प्रसिद्ध सूखे की गंभीर समस्या का सामना करना पड़ा है। सूखे के प्रमुख कारणों में वर्षा की परिवर्तनशीलता, मानसून की शुरु होने में देरी, फसल उगाने के मौसम के दौरान लंबे अंतराल में वर्षा, और समय से पहले मानसून की वापसी आदि हैं। सूखा ना केवल प्रभावित क्षेत्रों के लाखों लोगों की सामाजिक-आर्थिक स्थिति को प्रभावित करता है, अपितु यह एक देश की अर्थव्यवस्था को भी खतरे में डालता है। सूखे के बढ़ते हुए कुप्रभावों ने तेजी से वैश्विक स्तर पर वैज्ञानिकों, योजनाकारों और समाज का ध्यान अपनी ओर आकृष्ट किया है। निरंतर बढ़ती आबादी की बढ़ती हुई जरूरतों के संबंध में सूखे का जोखिम विशेष रूप से खाद्य मोर्चे पर एक बड़ी चिंता का मुद्दा बन गया है। उन्नत फसल किस्मों के उपयोग, बेहतर कृषि प्रबंधन के तरीकों और तकनीकी विकास के बावजूद आज भी भारत में कृषि उत्पादकता की मानसून पर निर्भरता के कारण, भारतीय कृषि को एक जुआ माना जाता है। पानी की कमी और सूखे को सामान्यतः एक ही माना जाता है, जबकि, प्राकृतिक कारणों और पानी के प्रबंधन के तरीकों के परिप्रेक्ष्य में ये दोनों घटनाएं एक दूसरे से काफी भिन्न हैं। पानी की कमी को, उस स्थिति के रूप में परिभाषित किया गया है, जब जल संसाधन एक लंबी अवधि के दौरान औसत जल आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए अपर्याप्त रूप से उपलब्ध होते हैं। पानी की कमी लंबी अवधि के पानी के असंतुलन, जल की उपलब्धता में कमी के साथ-साथ पानी की बढ़ती मांग और प्राकृतिक भू-जल पुनर्भरण के संयोजन को दर्शाता है। वहीं दूसरी ओर सूखे को, औसत जल की उपलब्धता में अस्थायी कमी और प्राकृतिक जल उपलब्धता के औसत स्तर से विचलन के रूप में एक प्राकृतिक घटना माना जाता है। पिछले तीस वर्षों में किए गए वैज्ञानिक आकलनों को देखें तो पता चलता है कि सूखा और सूखे से जुड़ी हुई घटनायें नियमित रूप से घटित हो रही हैं। हालांकि, प्रत्येक सूखे की घटना की अवधि, क्षेत्र और प्रभावित जनसंख्या इन वर्षों के दौरान विविध प्रकार के रहे हैं, जिसके परिणामस्वरूप सूखे के प्रभाव भी भिन्न-भिन्न रहे हैं। सूखा एक प्राकृतिक घटना है और इस पर मानव नियंत्रण संभव नहीं है किन्तु उचित मौसम पूर्वानुमान और सूखा प्रबंधन रणनीति के माध्यम से, इसके दुष्प्रभावों को कुछ हद तक कम किया जा सकता है।

सूखे की समस्या, लंबी अवधि में वर्षाजल की कमी के कारण जल की उपलब्धता में उत्पन्न हुई कमी के कारण होती है। जिसके परिणामस्वरूप, पीने के पानी की कमी, बड़े पैमाने पर फसल का चौपट होना, भू-जल संसाधनों के पुनर्भरण की विफलता, जलाशयों में पानी की अनुपलब्धता, पशुओं के लिए चारे की अपर्याप्त उपलब्धता और अन्य विभिन्न मानव गतिविधियों को प्रभावित करने वाली समस्याओं का प्रादुर्भाव होता है। सामान्यतः एक क्षेत्र लंबी अवधि के स्थानीय जलवायु परिस्थितियों के आधार पर स्वयं को एक निश्चित स्तर तक के पानी की कमी को सहने के लिए अनुकूलित कर लेता है। इन स्तरों से कोई भी नकारात्मक विचलन सूखे की स्थिति पैदा कर देता है और सूखे की भीषणता इस विचलन की तीव्रता और अवधि पर निर्भर करता है। इस प्रकार सूखे की स्थिति एक क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र में भिन्न-भिन्न होती हैं। चूंकि सूखा कई आर्थिक और सामाजिक क्षेत्रों को प्रभावित करता है, इसलिए सूखे की परिभाषाओं अनेक विषयों के अनुरूप क्षेत्रीय और वैचारिक विविधताओं को दर्शाते हैं। इसके अलावा सूखे का असर आर्थिक गतिविधियों पर भी पता है जो इस पर निर्भर करती हैं। सूखे के आरंभ होने व समाप्त होने की अवधि के बारे में कोई भी नहीं कह सकता है और न ही प्रभावित क्षेत्र की सटीक सीमा का विवरण दिया जा सकता है। इन लक्षणों के कारण सूखा विशेष रूप से एक चुनौती बन जाता है जिसके कारण अन्य प्राकृतिक आपदाओं की तुलना में इसका सटीक आकलन कर राहत पहुंचाना चुनौतीपूर्ण हो जाता है।

बढ़ती हुई जनसंख्या और पानी की आपूर्ति की बढ़ती हुई मांग के परिदृश्य में पेयजल और सिंचित कृषि जल की आपूर्ति एक जटिल समस्या बनती जा रही है जिसका हल एक सुनियोजित एवं सफल जल संसाधन प्रणाली से ही निकाला जा सकता है। इन सब के बीच में सूखे की स्थिति में जल संसाधन प्रबंधन एक ज्वलंत समस्या है। जिसका नियोजन नितांत आवश्यक है। इस तरह की स्थितियों में समुचित जल प्रबंधन करने के लिए, सूखे के लक्षण जानना अति आवश्यक है और साथ ही एक ऐसी उचित कार्यप्रणाली पता करने की जरूरत है जिस से सूखे के हालात की पहचान होती है। अनेक विषयों के संदर्भ में कई प्रकार की सूखे की परिभाषाएँ और सूखे-सूचकांक को विकसित और प्रलेखित किया गया है। अभी तक विकसित सूखा सूचकांकों में से अधिकांश कार्य किसी उद्देश्य विशेष को लेकर अलग-अलग किए गए हैं। पानी की उपलब्धता के आधार पर सूखे की एक व्यवहारिक परिभाषा, सूखे के आकलन और प्रबंधन के लिए आवश्यक है। इस शोध पत्र में सूखे की सामान्य परिभाषा, और उनके लक्षण का वर्णन और सूखे की स्थिति के दौरान योजना और जल संसाधनों के प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण रणनीतियों पर प्रकाश डाला गया। पहचान सूखे के आधार पर, कई रणनीतियों के अध्ययन के क्षेत्र में सूखे के प्रबंधन के लिए सुझाव दिया गया है।

2. सूखे की परिभाषा

वस्तुतः सूखा अवधारणा और परिभाषा उसके मूल्यांकन के उद्देश्य, सूखे को परिभाषित करने के लिए प्रयुक्त कारकों चरों और अचरों तथा एक स्थान विशेष के जल और मौसम संबंधी पहलुओं के आधार पर अलग-अलग लोगों (व्यक्तियों) के लिए भिन्न-भिन्न होती है। एक मौसम विज्ञानी के लिए यह बारिश का अभाव है, जबकि एक कृषि विज्ञानी के लिए यह फसल विकास और उत्पादकता की सुनिश्चिता के लिए आवश्यक फसल के जड़ क्षेत्र में मिट्टी की नमी में कमी को दर्शाता है। जहां एक ओर एक जल विज्ञानी के लिए सूखे का मतलब, झीलों, जलाशयों आदि में पानी के स्तर की कमी को दर्शाता है, वहीं दूसरी ओर किसी शहरी निकाय के प्रबंधन के लिए सूखे का मतलब पीने की पानी की उपलब्धता में कमी से हो सकता है। इस प्रकार सभी क्षेत्रों की विभिन्न गतिविधियों के लिए सूखे की एक व्यापक परिभाषा अव्यवहारिक एवं अवास्तविक है। सूखा कई मायनों में अन्य प्राकृतिक आपदाओं से अलग है जिनके विवरण निम्नानुसार है:

- (क) सूखे की कोई सार्वभौमिक परिभाषा नहीं है;
- (ख) सूखे के संदर्भ में कोई भी सूचक या सूचकांक इसके सटीक प्रारम्भ और गंभीरता की पहचान नहीं कर सकते हैं;
- (ग) सूखे की धीमी शुरुआत के कारण इसके प्रारम्भ और अंत का निर्धारण करना कठिन है;
- (घ) इसकी अवधि कुछ महीने से लेकर कुछ सालों तक हो सकती है;
- (ई) इसके प्रभाव आम तौर पर गैर-संरचनात्मक होते हैं अतः इनका त्वरित अंदाजा लगाना मुश्किल होता है;
- (च) आम तौर पर सूखे के प्रभाव अन्य प्राकृतिक आपदाओं की तुलना में एक बड़े भौगोलिक क्षेत्रों में फैले हुए होते हैं अतः सूखे के प्रभावों का आकलन और आपदा प्रबंधन के प्रतिक्रिया कार्यों में अधिक समय लगता है;
- (छ) लंबी अवधि के कारण सूखे के मुख्य क्षेत्र या उपरिकेंद्र (Epicentre) समय के साथ बदलते भी रहते हैं
- (ज) इसके प्रभाव दूरगामी और संचयी होते हैं, विशेष रूप से जब यह एक मौसम या साल से अगले मौसम या साल तक लगातार बना रहता है।

यद्यपि सूखे की कोई सार्वभौमिक स्वीकार्य परिभाषा नहीं है, फिर भी सूखे को किसी स्थान या क्षेत्र विशेष में सामान्य जल उपलब्धता के संबंध में, लगातार लंबी अवधि के लिए पानी की कमी के रूप में परिभाषित किया जा सकता है (शाकिर अली, 2001)। आम तौर पर सामान्य वर्षा से विचलन के मामले को सूखे को परिभाषित किया जाता है। इस परिभाषा के अनुसार जब स्थान या क्षेत्र विशेष में किसी भी सप्ताह, महीने, सत्र या वर्ष के लिए हुई वर्षा उस स्थान या क्षेत्र की सामान्य औसत वर्षा से किसी एक निश्चित अनुपात से कम होती है तो उसे सूखे की स्थिति कहा जाता है।

3. सूखे के कारण:

भारत में सूखे की समस्या कई कारणों से आ सकती है। इसमें मुख्य हैं: दक्षिण-पश्चिम मानसून का देरी से शुरु होना, मानसून में लंबी अवधि का अंतराल, मानसून का समय पूर्व समाप्त होना तथा देश के विभिन्न भागों में मानसूनी वर्षा का विषम वितरण। इन प्राकृतिक क्रियाविधियों के अतिरिक्त मानवीय गतिविधियाँ भी, सूखे को बढ़ावा देने वाले प्रमुख कारण हो सकते हैं जैसे भू-उपयोग में परिवर्तन, अत्यधिक घास का चरना, अथवा वन कटाई तथा सूर्य की किरणों का विकिरण असंतुलन। इसके अलावा ग्लोबल वार्मिंग, ग्रीन हाउस प्रभाव जो मनुष्यों द्वारा निर्मित जलवायु परिवर्तन का कारण होती है, सूखा पड़ने के कारणों में से एक है। सूखा सामान्यतः जल असंतुलन, कृषि, पशुधन अथवा मानव आवश्यकताओं को संतुष्ट करने में जल की कमी से उत्पन्न होता है। यह उन क्षेत्रों में हो सकता है जहाँ अपर्याप्त वर्षा होती है, तथा मिट्टी में, तथा वातावरण में पर्याप्त नमी का स्तर कम रहता है। सूखे का एक कारण उच्च तापमान से अत्यधिक वाष्पोत्सर्जन तथा मिट्टी की निम्न धारण क्षमता भी हो सकती है। लंबे समय तक पड़ने वाले सूखे से मिट्टी की जैविक, वानस्पतिक गतिविधियाँ पोषित नहीं हो पाती जिससे मरुस्थल निर्माण भी हो सकता है।

4. सूखे के प्रकार:

सूखे को मुख्यतः तीन वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है:

मौसम संबंधी सूखा: यह एक ऐसी स्थिति के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जब एक वर्ष के दौरान हुई वर्षा, सामान्य वर्षा से काफी हद तक नीचे हो।

जलविज्ञानीय सूखा: यह सूखा सतही जल के स्तर में एक चिह्नित कमी से पता चलता है और जिसके फलस्वरूप जलाशयों, झीलों आदि सूख जाते हैं। एक लंबे समय तक मौसम संबंधी सूखे के हालत के बाद ही जल विज्ञानीय सूखा होता है। इस प्रकार का सूखे के न केवल कृषि फसलों के लिए, अपितु अन्य जल आधारित उद्योगों के लिए भी वृहद और दूरगामी दुष्परिणाम होते हैं।

कृषि सूखा: यह सूखा उस स्थिति को परिभाषित करता है जिसमें फसल विकास के लिए अति आवश्यक जड़ क्षेत्र (रूट जोन) की मिट्टी में नमी की कमी आ जाती है। जिससे को प्रमुख फसल के मेचूरिटि स्टेज के दौरान पानी की कमी, फसल के सुखाने की स्थिति और फलस्वरूप फसल की क्षति और सम्पूर्ण फसल की विफलता की आशंका बढ़ जाती है। ऐसा भी जरूरी नहीं है कि कृषि सूखा तभी पड़े जब मौसम संबंधी सूखा और/या जल विज्ञानीय सूखा पड़ रहा हो।

सूखे की गंभीरता की बेहतर समझ के लिए सूखे को विभिन्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है। विभिन्न सूखा सूचकांक सामान्य वर्षा में कमी, वर्षा और वाष्पन के अनुपात, शुष्कता सूचकांक और नदियों के प्रवाह आदि के आधार पर विकसित किए गए हैं। कृषि राष्ट्रीय आयोग (NCA, 1976) ने वार्षिक वर्षा की कमी के आधार पर सूखा को तीन के श्रेणियों में वर्गीकृत किया है:

- हल्का सूखा: वार्षिक वर्षा में सामान्य वर्षा के मुकाबले 0 – 20% की कमी
- मध्यम सूखा: वार्षिक वर्षा में सामान्य वर्षा के मुकाबले 20 – 50% की कमी
- गंभीर सूखा: वार्षिक वर्षा में सामान्य वर्षा के मुकाबले 50% से ज्यादा की कमी

इस प्रकार सूखा प्रभावित क्षेत्रों को भी दो समूहों में वर्गीकृत किया गया है:

1. **मध्यम सूखा प्रभावित क्षेत्र:** वह क्षेत्र जहां 5 साल के रिटर्न पीरियड या 20% probability के साथ वार्षिक वर्षा, सामान्य वर्षा के मुकाबले 25% कम रहने की संभावना रहती है।
2. **लंबे समय से गंभीर सूखे से प्रभावित क्षेत्र:** वह क्षेत्र जहां 2.5 साल के रिटर्न पीरियड या 40% probability के साथ वार्षिक वर्षा, सामान्य वर्षा के मुकाबले 25% कम रहने की संभावना रहती है।

हमारे देश में वार्षिक वर्षा सामान्य से विचलन के आधार पर मुख्यतः शुष्क, अर्द्ध शुष्क, और शुष्क उप-आर्द्र क्षेत्रों को सूखा प्रवण क्षेत्रों में वर्गीकृत किया जा सकता है। देश के मौसम संबंधी उप-डिवीजनों में सूखे की घटना की आवृत्तियों को तालिका 1 में दिया गया है। देश के ऐतिहासिक वर्षा डेटा के अनुसार सूखा वर्ष 1918 के दौरान देश में दर्ज मानसून वर्षा अभी तक की सबसे कम वर्षा थी। देश में 200 वर्षों (1801–2000) में पड़े गंभीर सूखे वर्षों का विवरण तालिका 2 में दिया गया है।

तालिका 1: देश के विभिन्न मौसम संबंधी उप-डिवीजनों में सूखे की घटना की आवृत्तियां

क्रमांक	मौसम संबंधी उप-डिवीजन	सूखे की घटना की आवृत्तियों
1	आसाम,	15 वर्षों में एक बार (अति अल्प)
2	पश्चिम बंगाल , मध्य प्रदेश, कोंकण, बिहार, और ओड़ीशा	5 वर्षों में एक बार

3	दक्षिणीय कर्नाटक, पूर्वीय उत्तर प्रदेश, विदर्भ	4 वर्षों में एक बार
4	गुजरात, पूर्वीय राजस्थान, पश्चिमीय उत्तर प्रदेश	3 वर्षों में एक बार
5	तमिल नाडु, जम्मू और कश्मीर, तेलंगाना, पश्चिमी राजस्थान	2.5 वर्षों में एक बार

(स्रोत: NIH Report, 1999)

सूखा आपदा प्रबंधन में सूखे की तीव्रता एक मुख्य आधार बिंदु है, जिसके आधार पर आपदा प्रबंधन की योजनायें क्रियान्वित की जाती हैं। सूखे की तीव्रता, वर्षा की कमी की मात्रा, सूखा पड़ने की अवधि तथा सूखे से प्रभावित क्षेत्र के आकार पर निर्भर करता है। लंबी अवधि तक कायम रहने वाला मध्यम तीव्रता का सूखा, कम अवधि के गंभीर सूखे की अपेक्षा अधिक प्रतिकूल प्रभाव डालता है। इसी तरह एक छोटे क्षेत्र में फैला गंभीर सूखा, एक बड़े क्षेत्र में पड़े सूखे मध्यम श्रेणी के सूखे की अपेक्षा कम नुकसानदायक होते हैं। सूखे को मध्यम श्रेणी का तब माना जाता है, जब मौसमी वर्षा में कमी देश के 20 प्रतिशत क्षेत्र में 26 से 50 प्रतिशत के बीच हो। सूखा तीन श्रेणी का तब कहलाता है, जब मौसमी वर्षा में कमी 50 प्रतिशत से अधिक हो। देश के 20 प्रतिशत से छोटे क्षेत्र में पड़े सूखे को स्थानीय सूखे के रूप में जाना जाता है।

5. सूखा सूचकांकों द्वारा सूखा आकलन:

सामान्यतः सूखे का विश्लेषण सूखे सूचकांक के माध्यम से किया जाता है। सूखा सूचकांक, सूखे की गंभीरता को एक मात्रात्मक अनुमान देता है। किसी भी सूखा सूचकांक को विकसित करने के लिए पानी की कमी की प्रकृति, सूखे की औसत अवधि और जल की कमी से क्षेत्र विशेष पर पड़ने वाले प्रभावों को ध्यान में रखना अति आवश्यक है। इस प्रकार अभी तक उपलब्ध सूखा सूचकांकों को मौसम विज्ञान, कृषि और जलविज्ञान वर्ग में बांटा जा सकता है। इसके साथ ही इन सूचकांकों का दशमक सूचकांक, सामान्य मानकीकृत वर्षा सूचकांक (SPI), पामर सूखा गंभीरता सूचकांक (PDSI), फसल नमी सूचकांक, सतही जल आपूर्ति सूचकांक, रिक्लेमेशन सूखा सूचकांक और भालमे और मूले सूखा सूचकांक (BMDI) की श्रेणियों में भी वर्गीकरण में शामिल किया जा सकता है,

पामर सूखे की गंभीरता सूचकांक, (PDSI) सामान्यतः एक समान जलवायु और भौगोलिक परिस्थितियों वाले क्षेत्रों के लिए मिट्टी की नमी पर आधारित सूचकांक है और इसका इस्तेमाल सूखा राहत कार्यक्रमों को प्रारम्भ प्रदान करने के लिए बड़े पैमाने पर किया जाता है (Palmer, 1965 (और) 1968)। PDSI एक मौसम संबंधी सूखा सूचकांक है और यह मौसम के असामान्य रूप से सूखे या असामान्य रूप से गीले की स्थिति को प्रदर्शित करता है। PDSI की गणना वर्षा, तापमान और स्थानीय मिट्टी में उपलब्ध नमी की मात्रा का उपयोग कर के की जाती है। सामान्यतः इस सूचकांक का मान-4 से 4 के मध्य होता है।

भालमे और मूले सूखा सूचकांक (BMDI), यह सूचकांक भालमे और मूले (1980) द्वारा विकसित किया गया था और भारतीय मानसून वर्षा के चार महीनों पर आधारित है। सूचकांक के उपयोग करने के लिए, पहले एक नमी सूचकांक को मासिक वर्षा के लंबी अवधि की औसत वर्षा से प्रस्थान के प्रतिशत के रूप में परिभाषित किया जाता है। फिर इस नमी सूचकांक से उचित सूखे सूचकांक आकलित किया जाता है। सामान्यतः इस सूचकांक का मान-1 से 4 के मध्य होता है, जो पामर सूखा गंभीरता सूचकांक (PDSI) के समान ही होता है।

भारत मौसमविज्ञान विभाग (IMD, 1971) और राष्ट्रीय कृषि आयोग (NCA, 1976) के अनुसार यदि एक सप्ताह में वर्षा, सामान्य वर्षा से आधी या आधी से कम हो तो उस स्थिति को कृषि सूखा कहा जाता है। और यदि ऐसे चार लगातार सप्ताह (15 जून-15 अक्टूबर के बीच) बरसात के मौसम में पड़ जाए तो उस क्षेत्र को सूखा प्रभावित क्षेत्र के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। महाराष्ट्र की कृषि, सूखे और वाष्पन के अध्ययन से खमबेटे और बिस्वास (1984) में निष्कर्ष निकाला कि जून से अक्टूबर महीनों के दौरान यदि प्रति सप्ताह 18 मिमी की बारिश की कमी हो तो वहाँ कृषि सूखा होता है। उन्होंने सूखे को **सूखा संभावना सूचकांक (Drought Proneness Index] DI)** के आधार पर पांच श्रेणियों में परिभाषित किया।

$$DI = (P \times P_1) \times 100 / 1 - P_0 \quad \dots (1)$$

$$P = P_0 / [1 - (P_1 - P_0)] \quad \dots (2)$$

जहाँ,

P = आर्द्र सप्ताह की प्रारंभिक प्रायिकता

P₀ = शुष्क सप्ताह से पहले आर्द्र सप्ताह की प्रायिकता और

P₁ = आर्द्र सप्ताह से पहले आर्द्र सप्ताह की प्रायिकता है।

और सूखा संभावना सूचकांक (DI) के मान अनुसार निम्न प्रकार के सूखे होते हैं ।

चिरकालिक सूखा	DI ≥ 20
गंभीर सूखे	20 < DI < 35
मध्यम सूखा	35 < DI ≤ 50
हल्का सूखा	50 < DI ≤ 70
समसामयिक सूखा	70 < DI

मानकीकृत वर्षा सूचकांक (SPI): मैकी आदि (1993) द्वारा प्रदत्त मानकीकृत वर्षा सूचकांक (SPI) शायद सबसे लोकप्रिय सूखा सूचकांक है। इस सूचकांक, किसी भी स्थान के लिए, को एक वांछित अवधि के लिए उपलब्ध दीर्घकालीन के वर्षा रिकार्ड के आधार पर विकसित किया जा सकता है। उपलब्ध दीर्घकालीन वर्षा के आकड़ों को गामा प्रायिकता वितरण में संयोजित किया जाता है फिर इसे सामान्य प्रायिकता वितरण में परिवर्तित किया जाता है ताकि स्थान विशेष और वांछित अवधि के लिए SPI शून्य हो जाए। सामान्यतः इस सूचकांक का मान -2 से 2 के मध्य होता है। SPI का उपयोग ना केवल सूखे की पहचान करने अपितु मासिक वर्षा डेटा का उपयोग कर सूखे की घटनाओं पर नजर रखने के लिए भी किया जाता है।

पूर्व में वर्णित सूचकांकों के अलावा, कुछ और प्राचल जैसे औसत मासिक वर्षा अल्पता (mean monthly deficit, MMD), औसत वार्षिक वर्षा अल्पता (mean annual deficit, MAD), औसत मासिक वर्षा में अधिकतम (maximum of the mean monthly rainfall, MMMI) आदि भी सूखे की शुरुआत और समाप्ति के परीक्षण के लिए आवश्यक होते हैं।

6 .सूखे की पहचान:

सूखे की पहचान करना एक कठिन कार्य है क्योंकि इस के प्रारम्भ और समाप्ति का निर्धारण करना अत्यंत दुष्कर कार्य है। सूखे की पहचान के लिए तीन प्रमुख कारकों को ध्यान में रखना चाहिए; सूखे प्रबंधन का उद्देश्य, सूखे की अवधि, और सूखे की गंभीरता। किसी भी क्षेत्र के सूखा विश्लेषण के लिए ड्राकूप आदि (1980) में निम्न चरणों का प्रस्ताव दिया है।

क) पानी की कमी की प्रकृति का निर्धारण: किसी भी सूखा अध्ययन के लिए सबसे पहला कदम, पानी की कमी की प्रकृति का निर्धारण करना होता है। इस प्रकार एक सूखे की परिभाषा के लिए किसी एक बुनियादी घटना का चयन करना होता है जैसे वर्षा, कृषि उत्पादकता आदि।

ख) चर की पहचान: इस चरण में, घटना को वर्णित करने वाले चर (या चरों) को चिन्हित किया जाता है जैसे वर्षा के संदर्भ में ये चर कुल वर्षा की मात्रा या कुल वर्षा वाले दिन या कुल सूखे दिन आदि हो सकते हैं।

ग) समाकलित समयावधि की पहचान: इस चरण में सूखा विश्लेषण किस समय अंतराल जैसे कि घंटे, दिन, महीने, मौसम, साल आदि पर किया जाना चाहिए इस का निर्धारण किया जाता है। सामान्यतः जिस समय अंतराल पर जल विज्ञानीय आंकड़े उपलब्ध होते हैं उसी समय अंतराल पर सूखे का भी विश्लेषण एवं अध्ययन किया जाता है।

घ) विच्छिन्न (Truncation) स्तर का विकल्प: चौथे चरण के अंतर्गत, चर/चरों के ऐतिहासिक रिकॉर्ड में अन्य घटनाओं को सूखा से अलग करने के लिए विच्छिन्न स्तर स्थापित किया जाता है। जैसे हर महीने की औसत वर्षा का 50% या उससे कम या लगातार 10 दिनों तक औसत वर्षा 10 मिमी या उस से कम आदि।

7. सूखे के दौरान जल संसाधन प्रबंधन

सूखा प्रबंधन, जल संसाधन नीति और रणनीति निर्धारण का एक अनिवार्य तत्व है और इसका महत्व सूखा आशंकित क्षेत्रों में विशेष रूप से और भी बढ़ जाता है। सूखा प्रबंधन योजनाओं (Drought Management Plans (DMP)) को उनकी वास्तविक आवश्यकता से पहले ही क्षेत्र या देश के संदर्भ में भूतकाल में आगत सूखे के वर्णित लक्षण, चरम, आकलित प्रभाव,

और तत्कालीन शमन उपायों के आधार पर सदैव तैयार रखना चाहिए। DMP को हमेशा नदी बेसिन या उप-बेसिन पैमाने पर तैयार किया जाना चाहिए ताकि आपदा के समय सूखे का कुशल प्रबंधन एवं शमन किया जा सके।

सूखा प्रबंधन योजनाओं (DMPs) का मुख्य उद्देश्य सूखे के दौरान अर्थव्यवस्था, सामाजिक जीवन और पर्यावरण पर पड़ने वाले इसके प्रतिकूल प्रभावों को कम से कम करने का होता है। अधिकांश सूखा प्रबंधन योजनायें यूरोपीय संघ के जल कार्यरचना निर्देश (European Union Water Framework Directive, WFD) के मापदंड और उद्देश्यों को अनुपालित करती हैं। DMPs के मुख्य उद्देश्य या लक्ष्य की प्राप्ति निम्न लिखित विशिष्ट उद्देश्यों की एक श्रृंखला के माध्यम से की जा सकती है:

- किसी क्षेत्र विशेष की आबादी के दैनैन्दिक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए पर्याप्त मात्रा में पानी की उपलब्धता को सुनिश्चित करना।
- दीर्घकालिक सूखे की स्थिति में जल निकायों पर पड़ने वाले इसके नकारात्मक प्रभावों से बचने के टोस उपायों का क्रियान्वयन। विशेष रूप से पारिस्थितिक तंत्र के लिए आवश्यक जल और भूजल की गुणवत्ता को बनाए रखने के प्रयास।
- नदी बेसिन प्रबंधन योजना में तय उपयोगों को दी प्राथमिकता के अनुसार और अन्य संबंधित योजनाओं और रणनीतियों (जैसे भूमि उपयोग की योजना बना) के अनुरूप, आर्थिक गतिविधियों पर नकारात्मक प्रभाव को कम करना।

सूखे की स्थिति के दौरान, जल संसाधनों के प्रबंधन के लिए एक बहुस्तरीय और व्यापक दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है। सूखा नियोजन को चरणबद्ध रूप से विभिन्न स्तरों पर विकसित किया जाना चाहिए और साथ ही इसे नदी बेसिन प्रबंधन योजना (River Basin Management Plan RBMP) से भी जोड़ा जाना चाहिए।

राष्ट्रीय स्तर पर चरम सूखा प्रभाव को कम करने के लिए नीतिगत, कानूनी और संस्थागत पहलुओं के साथ ही धन संबंधी पहलुओं के बारे में ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए। राष्ट्रीय या क्षेत्रीय स्तर पर सूखे का निर्धारण करने वाले वैश्विक बेसिन सूचकांकों/संकेतक नेटवर्क के द्वारा सूखे की गंभीरता को सुनिश्चित किया जाना चाहिए। ताकि समुचित आपदा प्रबंधन और शमन के कार्य को उचित बजट अनुसार लागू किया जा सके। कोई भी सूखा प्रबंधन योजना (DMP), उस नदी बेसिन प्रबंधन योजना में आपदा प्रबंधन के तहत उसका एक अनुपूरक हिस्सा होती है। DMPs का मुख्य उद्देश्य सूखे के प्रारंभ को पहचान करने और उसके विभिन्न चरणों के समय को लक्षित करना तथा सूखे के प्रभावों को कम करने के सामरिक उपाय को प्रदान करना होता है। स्थानीय स्तर पर, सार्वजनिक पानी की आपूर्ति की गारंटी करने के लिए रणनीतिक उपायों के साथ-साथ जन-जागरूकता भी प्रमुख मुद्दा हैं।

किसी भी सूखा प्रबंधन योजना के विशिष्ट उद्देश्यों की प्राप्ति के लिए, तीन बुनियादी तत्वों उसमें समाहित हो अति आवश्यक हैं: 1) एक सूखा पूर्व चेतावनी प्रणाली, 2) सूखे के विभिन्न चरणों के लिए सूखे संकेतकों का सीमांत अंको के साथ सहसंबंध और 3) प्रत्येक सूखा चरण में विशिष्ट उद्देश्यों को प्राप्त करने के लिए उपाय। DMP के विकास के लिए पारदर्शिता और जनता की भागीदारी सुनिश्चित करने के आवश्यकता होती है। इन तीन उद्देश्यों की प्राप्ति के लिए अभीष्ट कार्यकलापों का वर्णन निम्नानुसार है:

7.1 पूर्व चेतावनी सूचक प्रणाली

DMP के मुख्य उद्देश्यों में से एक सूखे के स्थानिक और सामयिक स्थिति के जल-विज्ञानीय संकेतकों पर आधारित एक विश्वसनीय पूर्व चेतावनी प्रणाली की स्थापना करना है। जिससे सूखे के प्रारंभ की पहचान, उनकी गंभीरता का आकलन और सूखे के नियंत्रण की सटीक जानकारी ली जा सके। जलविज्ञानीय संकेतकों को लेने में यह फायदा है की सामान्यतः DMP, नदी बेसिन जल संसाधन प्रबंधन योजना के एक अनुभाग की भाँति कार्य करता है तथा इससे सूखे की स्थिति के दौरान निर्णय लेने की प्रक्रिया में तीव्रता लाई जा सकती है। इन जल-विज्ञानीय संकेतकों का इस्तेमाल निम्नलिखित संकेतकों/चरों के संयोजन में भी किया जा सकता है:

- संग्रहित जलाशय के परिमाण

- भू-जल स्तर
- नदी के प्रवाह
- जलाशय बहिर्वाह
- वर्षा (प्रतिनिधि नियंत्रण अंक में)
- जल गुणवत्ता और पर्यावरण के संकेतक

जाहिर है, इस जानकारी से सूखे की स्थिति को प्रतिबिंबित नहीं किया जा सकता है, लेकिन इससे क्षेत्र विशेष में उत्पन्न पानी की कमी की स्थिति को प्रभावी रूप से व्यक्त किया जा सकता है।

क्षेत्र विशेष के लिए सर्वोत्तम सूखे के संकेतकों के निर्धारण करने के लिए, विभिन्न संकेतकों का उनसे जुड़े संसाधनों और मांग के आधार पर बुनियादी, समग्र और अधिक महत्व के आधार पर चयन करना आवश्यक होता है। अंत में, प्रत्येक संकेतकों को दी श्रृंखला के माध्यम से, संकेतकों की अंशांकन, महत्व के समायोजन और एकत्रित समूह के लिए उपयुक्त, बेसिन के प्रतिनिधि संकेतक, के रूप में चिह्नित किया जाता है। वैश्विक बेसिन संकेतक भी राष्ट्रीय सूचक तंत्र को स्थापित करने के लिए उपयोग किए जा सकते हैं। जिसे बाद में प्रत्येक बेसिन के लिए पृथक-पृथक रूप से निर्धारित किया जा सकता है।

7.2 शमन के उपाय

सूखे की आपदा की रोकथाम, न्यूनीकरण एवं शमन अच्छी प्रबंधन तकनीक के द्वारा संभव है। इसमें जल संसाधन प्रबंधन उन्नत करने, नये कुएँ बनाना या पुराने कुँओं में सुधार, बांध बनाना, जलग्रहण क्षेत्र प्रबंधन, जल वितरण नियंत्रण, सूखा रोधी फसलों का उचित चयन, पशु प्रबंधन एवं मिट्टी संरक्षण तकनीकें, ईंधन के लिये लकड़ी की कटाई एवं वनोन्मूलन को कम करना, लोगों को वैकल्पिक रोजगार दिलाना, लोगों के प्रवास को रोकना इत्यादि कार्य मुख्य हैं। इसके अलावा प्रभावित लोगों को शिक्षित, प्रशिक्षित एवं जागरूक बनाना, सामुदायिक कार्यक्रमों में सहभागिता, जल संसाधनों का उन्नत सिंचाई के तरीकों को अपनाना तथा पारिस्थितिकी तंत्र को बिना नुकसान पहुँचाये विकास योजनाओं को लागू करना, सूखे की आपदा को कम करने में सहायक होते हैं। जलविज्ञानीय सूखे के दौरान उठाए जाने वाले प्रमुख शमन उपायों को अग्रलिखित प्रकारों में बांटा जा सकता है:

(क) रोकथाम के उपाय (Preventing Measures): सूखे से निपटने के लिए सामान्य स्थिति के तहत किए गए रणनीतिक उपायों को रोकथाम के उपाय की श्रेणी में रखा गया है। यह उपाय सामान्यतः जलविज्ञानीय योजना के अभिन्न अंग होते हैं और इनका मुख्य उद्देश्य सूखे के प्रति संरचनात्मक प्रणाली की प्रतिक्रिया क्षमता को मजबूत करना होता है।

(ख) प्रचालन उपाय (Operational Measures): प्रचालन उपाय वे उपाय होते हैं जिन्हें आमतौर पर सूखे की स्थिति (पूर्व चेतावनी और चेतावनी स्थिति के दौरान) के दौरान लगाया जाता है। ये मुख्य रूप से पूर्व चेतावनी और सूचना तथा संसाधनों के संरक्षण में नियंत्रण के उपायों को परिभाषित करते हैं। यदि सूखे की स्थिति जरूरत से ज्यादा लंबे समय तक बनी रहती है तो, जल संसाधनों पर पड़े अतिरिक्त दबाव की स्थिति में आपातकालीन प्रचालन उपायों को अपनाया जाता है जिसमें अनिवार्य रूप से पानी पर प्रतिबंध लागू करना, जल संरक्षण के उपाय और प्रतिबंध, आदि प्रमुख हैं। किन्तु इनका निर्णय सूखे की स्थिति, विभिन्न उपयोगों के बीच प्राथमिकताओं, पर्यावरण आवश्यकताओं आदि को ध्यान में रखकर किया जाता है।

(ग) संगठनात्मक उपाय (Organisational Measures): संगठनात्मक उपायों के तहत DMP को समग्र रूप से विकसित, और अनुपालित करने के लिए सक्षम एजेंटों और एक उपयुक्त संगठनों की स्थापना की जाती है। प्रशासन, सार्वजनिक और निजी संस्थाओं और सीधे जनता के बीच में समन्वय पैदा किया जाता है। उन संस्थाओं को विशेष रूप से सम्मिलित किया जाता है जो जन आपूर्ति से संबद्ध हैं।

अभी तक आम तौर पर सूखे के प्रति प्रतिक्रियात्मक दृष्टिकोण अपनाया जाता रहा है। अर्थात् जब सूखा पड़े तब उसका संकट निवारण के बारे में सोचा जाता है। किन्तु अन्य आपदाओं की भाँति सूखे के प्रभावों को कम करने के लिए उचित प्रबंधन और योजनाओं का समायोजन अत्यंत आवश्यक है। निम्न महत्वपूर्ण मुद्दों को सूखा प्रबंधन योजनाओं के अभिन्न हिस्से रूप में सम्मिलित किया जाना चाहिए ताकि इसके दुष्प्रभावों का शमन किया जा सके।

1. सूखा जलवायु विज्ञानीय कारकों (आवृत्ति, तीव्रता, और क्षेत्रीय परिसीमाये) और सूखे के पैटर्न की बेहतर समझ।
2. स्थानीय एवं क्षेत्रीय स्तर पर सूखे के प्रमुख कारणों को समझना।
3. जलविज्ञानीय और मौसम संबंधी आंकड़ों के संग्रह एवं प्रसंस्करण को प्रोत्साहन और सुदृढीकरण प्रदान करना और पूर्व चेतावनी प्रणाली को बढ़ावा देना।
4. देश के विभिन्न क्षेत्रों के लिए उपयुक्त सभी सूखा संकेतकों और सूचकांक की सूची का विकास।
5. सूखे के जोखिम मूल्यांकन के तरीकों का विकास और प्रचार-प्रसार करना और मुआवजा पैकेज का निर्धारण करने के क्रम में सूखा गंभीरता का आकलन करने के लिए इन तरीकों को आधार के रूप में उपयोग करना।
6. सूखे के नियोजन की योजनाओं का प्रचार-प्रसार करना ताकि सूखा प्रभावित राज्यों/जिलों द्वारा इन्हें अपनाया जा सके।
7. सूखे से जुड़ी जानकारियों को प्रचारित करने के लिए निर्णय समर्थन मॉडलों (decision support models) का विकास करना। साथ ही विभिन्न परिस्थितियों में जलवायु परिवर्तन के प्रभावों और पानी की आपूर्ति की आवश्यकताओं के आकलन पर विचार के लिए उपयुक्त और उचित विधियों का विकास करना।
8. राष्ट्रीय और क्षेत्रीय स्तर पर सूखा और आपदा प्रबंधन की नीतियों का विकास और अनुपालन।
9. व्यापक स्तर पर सूखे के प्रभावों को कम करने की रणनीतियों के लिए निगरानी, पूर्व चेतावनी, जोखिम मूल्यांकन, शमन, और प्रतिक्रिया पर विशेष रूप से जोर देना।
10. सूखा नियंत्रण की योजना के विकास में शामिल होने के लिए कुशल मानव संसाधनों की उपलब्धता का आकलन
11. एकीकृत जल संसाधन प्रबंधन के एक भाग के रूप में सूखा नियंत्रण एवं सुधार योजनाओं के महत्व के बारे में आमजन और नीति निर्धारकों को शिक्षित करना।
12. सरकारी तंत्र, गैर सरकारी संगठन और स्थानीय जनता के बीच सूखे के प्रति क्षेत्रीय/राज्य स्तर पर सहयोग, जागरूकता और भागीदारी की वृद्धि करना।

8. निष्कर्ष:

जल एक दुर्लभ प्राकृतिक संसाधन है, जो जीवन, जीविका, खाद्य सुरक्षा और निरंतर विकास का आधार है। हमारे देश में एक विशाल जनसंख्या की आवश्यकता के अतिरिक्त, जल के समय और स्थान के साथ असमान वितरण के कारण जल की उपयोग योग्य मात्रा भी सीमित है। इसके अलावा, देश के किसी न किसी हिस्से में प्रायः बाढ़ और सूखे की चुनौतियों का भी सामना करना पड़ता है। सूखा भी एक विनाशकारी प्राकृतिक आपदाओं में से एक है। आम भाषा में सूखे का अर्थ पानी की कमी है। लंबे समय तक जल की कमी को सूखे से उत्पन्न आपदा का प्रमुख कारण माना जा सकता है। लंबी अवधि तक किसी क्षेत्र में पानी की उपलब्धता में अस्थायी कमी से यह उत्पन्न होता है, जिससे स्थानीय अर्थव्यवस्था पर प्रभाव पड़ता है। बारिश की कमी से फसल की हानि, सूखे का सबसे आम रूप है। इस पत्र में, सूखे की परिभाषा, पहचान, प्रबंधन और इसके प्रभावों को कम करने के लिए दृष्टिकोण पर विस्तार से चर्चा की गयी है।

सूखे की स्थिति में जल प्रबंधन का महत्व और भी बढ़ जाता है। जहां संरचनात्मक एवं गैर-संरचनात्मक उपायों के माध्यम से सूखे जैसी जल संबंधी आपदाओं को रोकने के लिए हर संभव प्रयास किया जाना चाहिए, वहीं सूखे से निपटने के लिए पूर्व तैयारी पर एक विकल्प के रूप में जोर दिया जाना चाहिए। सूखे से निपटने के लिए विभिन्न सूखा सूचनाओं का विकास, विभिन्न कृषि कार्य नीतियों को विकसित करने तथा मृदा एवं जल उत्पादकता में सुधार करने के लिए स्थानीय, अनुसंधान एवं वैज्ञानिक संस्थानों से प्राप्त वैज्ञानिक जानकारी सहित भूमि, मृदा, ऊर्जा एवं जल प्रबंधन करना चाहिए। सूखे की स्थितियों से निपटने के लिए कार्य योजना तैयार करने की प्रक्रिया में आम जन समुदाय को शामिल किये जाने की आवश्यकता है।

इसके अलावा, प्रभावी सूखा प्रबंधन के लिए हमें पूर्वकालीन आपातकालीन प्रतिक्रियात्मक रवैये से पूर्व चेतावनी प्रणाली के साथ अग्रिम योजना और बेहतर तैयारियों के माध्यम से सूखा जोखिम प्रबंधन के लिए एक बदलाव की आवश्यकता है। हाल के कुछ वर्षों में शुरू इन प्रबंधन की रणनीति में बदलाव के बाद से सूखा प्रबंधन कुछ हद तक प्रभावी हो गया है किन्तु, अभी भी वर्षा आधारित कृषि क्षेत्रों में पूर्ण स्थिरता प्राप्त नहीं हो पाई है। लेकिन लगातार परिवर्तित जलवायु, प्रतिकूल, प्राकृतिक और कृत्रिम कारणों से हमें सूखे की समस्या से लड़ने के लिये हमेशा तैयार रहना पड़ेगा, जिसके लिये सरकार के साथ ही साथ हम सब को मिलकर सूखे के कारणों का पता कर इसकी रोकथाम और न्यूनीकरण की योजनाओं को लागू करना पड़ेगा ताकि हमारी भावी पीढ़ी, सूखे जैसी आपदाओं से मुक्त रहें।

9. साभार संदर्भ:

- ड्रेकप. जे.ए.एस.ली. एंड ई.जी. पौल्सन जर्न. (1980). ऑन द डेफिनिशन ऑफ ड्राउट्स. वाटर रिसोर्स. 16(2). 297-302.
- इंडियन मीटीऑरलाजिकल डिपार्टमेंट (1971) रेनफाल एंड ड्राउट इन इंडिया, इंडियन मीटीऑरलाजिकल डिपार्टमेंट
- नोट: प्रियेपर्ड एंड सबमिटेड बाई डी.जी. ऑफ ऑब्जर्वेट्रीज टू द ईरीगेशन कमीशन एंड पावर पूना
- एच.एन. भल्मे. डी.ए. मूले (1980), लार्ज-स्केल ड्राउट्स/प्लड्स एंड मॉनसून सर्कुलेशन मॉन-वेदर स्वि.....108 पी.पी. 1197-1211
- खम्बते, एन.एन. एंड विश्वास, बी.सी. (1984), "एस्टीमेश ऑफ वीकली पोटेंशियल इवैपोट्रांसपिरेशन "मौसम, वॉल्यूम 35, नं. 2. 209-212
- मेकी, टी.बी. डोस्केन, एन.जे. क्लीस्ट, जे. (1993). द रिलेशनशिप ऑफ ड्राउट फ्रक्वेन्सी एंड ड्यूरेशन टु टाइम स्केल्स, इन; प्रोसीडिंग्स ऑफ द 8th कान्फ्रेंस ऑन एप्लाइड क्लाइमेटोलॉजी, अनाहीम, सी.ए. यू.एस.ए. पी.पी. 179-184
- नेशनल कमीशन ऑन एग्रीकल्चर (1976), एग्रीकल्चर कमीशन रिपोर्ट, नेशनल कमीशन ऑन एग्रीकल्चर, मिनिस्ट्री ऑफ एग्रीकल्चर, गर्वन्मेंट ऑफ इंडिया, नई दिल्ली एन. आई.एच. रिपोर्ट (1999). ड्राउट करैक्टराइजेशन इन सब एंड ह्यूमिड क्लाइमेटिक रीजन.
- पाल्मेर, डब्ल्यू-सी. (1965). मीटीऑरलाजिकल ड्राउट. यू.एस. डिपार्टमेंट ऑफ कॉर्मस, वैदर ब्यूरो, टैक्निकल पेपर 45. पी.पी. 58
- पाल्मेट. डब्ल्यू.सी. (1968), कीपिंग ट्रैक ऑफ क्रॉप म्वॉइश्चर कंडीशन्स नेशनवाइड: द न्यू क्रॉप म्वॉइश्चर इंडेक्स वैदरवाइज. 21 पी.पी. 156-161
- शाकिर अली (2003) ड्राउट इंडिसेज इन इंडिया-ए रिव्यू, हाइड्रोलॉजी जर्नल, 20(3) सितम्बर, पी.पी., 31-38 Dracup, J.