

“जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ”  
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी  
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

## तुंगभद्रा जलाशय में तलछट फैलाव प्रतिरूप का उपग्रह इमेजरी द्वारा मूल्यांकन

संजय मित्तल

पंकज गर्ग  
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

वी.के. चौबे

### सारांश

एक अंतःस्थलीय जल निकाय में निलंबित तलछट के गतिशील पहलुओं (aspects) को समझने के लिये, कृष्णा बेसिन में तुंगभद्रा नदी पर तुंगभद्रा जलाशय का अध्ययन किया गया। लैंडसेट एम.एस.एस. (Landsat MSS), आई.आर.एस.-1A (IRS-1A), एल.आई.एस.एस.-II (LISS-II) उपग्रह इमेजरी के उपयोग द्वारा यह अध्ययन किया गया।

जलाशय के जलग्रहण क्षेत्र में तलछट फैलाव प्रतिरूप के स्थल और विस्तार की जानकारी के लिये दृष्टिगत व्याख्या (Visual Interpretation) विधि का प्रयोग किया गया। जलाशय जलग्रहण क्षेत्र के मौसमी परिवर्तन, जल के आयतन में समतुल्य विचरण का मापन और निलंबित तलछट वितरण प्रतिरूप के मौसमी परिवर्तन का अध्ययन किया गया। जलाशय के लिये क्षेत्रफल क्षमता वक्र (Area Capacity Curve) भी तैयार किये गये।

उपग्रह इमेजरी (मई 1986, अप्रैल 1987, जनवरी 1988, जनवरी 1989 एवं मार्च 1989) और के.ई.आर.एस., 1985 (KERS, 1985) की तलछट सर्वेक्षण प्रतिवेदन (कर्नाटक अभियांत्रिकी शोध केन्द्र) के आधार पर जल ग्रहण क्षेत्र को विचारते हुये जलाशय के तलों के बीच में तलछट जमाव का अर्ध परिमाणात्मक मूल्यांकन किया गया। परिणाम दर्शाते हैं कि तलछट की उच्च सांद्रता तुंगभद्रा नदी के पश्चिमी संगम पर है। श्याम-श्वेत (Tonal) अन्तर के आधार पर जलाशय को चार मुख्य क्षेत्रों में बाँटा जा सकता है, जैसे नदी के संगम पर अति उच्च और उच्च, परिधि पर मध्यम श्रेणी एवं बाँध स्थल पर निम्न।

### 1. प्रस्तावना :

हाल के प्रेक्षणों से यह सचेतक तथ्य प्रकाश में आ चुका है कि परियोजनाओं की अभिकल्पना के समय पर कल्पित दर की तुलना में जलविभाजकों के अपचयन के परिणामस्वरूप जलाशय तलछट का मान कई गुणा बढ़ चुका है। एक आंकलन के अनुसार, सदी के अन्त तक दीर्घ और

मध्यम बाँधों के सजीव संचयन क्षमता का करीब 20 प्रतिशत गादीय हो जायेगा, जिससे की लगभग 4 मिलियन हेक्टेयर सिंचाई विभव का क्षय होगा। दूसरे शब्दों में, गादीकरण के कारण प्रत्येक वर्ष भारत लगभग 60,000 हेक्टेयर सिंचाई विभव क्षति उठाना जारी रखेगा (बालाकृष्णन, 1986)।

जलाशय में नदी द्वारा विसर्जित निलंबित पदार्थ बहुत से प्रदूषकों का परिवहन करते हैं। निलंबित पदार्थों का जलाशय को निवेश सांद्रता और संघटन में नदी से भिन्न होता है तथा समयानुसार परिवर्तित होता रहता है। नदी के निस्सारण बेसिन के अन्तर्गत वर्षा और अपवाह के मौसमी परिवर्तनों के कारण जलाशय की औसत सांद्रता में विचरण होता है।

विविक्त नमूनों के संग्रह और प्रक्रिया द्वारा इन निलंबित तलछटों की सांद्रता का मापन किया जाता है, जिसके लिए क्षेत्र में एक दिये गये समय और स्थान पर बहुत परिश्रम की आवश्यकता होती है तथा प्रयोगशाला में विश्लेषात्मक कार्य की तदुपरान्त आवश्यकता होती है।

यदि जलाशयों के निलंबित तलछट बजट के सम्बन्ध में सूचना हर समय उपलब्ध रहे तो विशाल जलाशयों का सफल प्रबन्ध संवृद्धित होगा। यदि सापेक्षतः सस्ते, दक्ष और यथार्थ साधन जल के विशाल निकायों में तुरन्त निलंबित तलछट भार अनवरत आधार पर ज्ञात करने के लिये उपलब्ध होते हैं तो जलाशय प्रबन्धन के सम्बन्ध में बहुत निर्णायक सिद्ध होंगे।

सुदूर संवेदन प्रणाली जलाशयों में निलंबित तलछट फैलाव प्रतिरूपों के सम्बन्ध में सूचना समय पर और बारम्बार उपलब्ध करा सकती है। भारत में जलाशयों और झीलों में जल गुणता मानचित्रण और तलछटों के विषय में पिछले कुछ वर्षों में बहुत कार्य किया जा चुका है (सहाय आदि, 1997; पलरिया आदि 1987 और मूर्ती आदि, 1988)। मूले आदि (1986) ने वूलर, डल, चिलका झीलों और रिहन्द जलाशयों के मल्टीडेट, मल्टीबैंड लैंडसेट प्रतिबिम्बों की दृश्यीय व्याख्या (Visually Interpreted) की और दर्शाया कि बैंड-1 एवं बैंड-2 जल स्तम्भ में उपस्थित आविलता स्तरों के विषय में अच्छी सूचना देते हैं। अध्ययनों ने प्रदर्शित किया है कि निलंबित तलछट सांद्रता और परावर्तित सौर विकिरण के बीच मात्रात्मक सम्बन्ध विद्यमान होता है (वीशलैट आदि, 1973; यारगीर आदि, 1974; खोरम आदि, 1985; रिची आदि, 1988 और चौबे, 1990)।

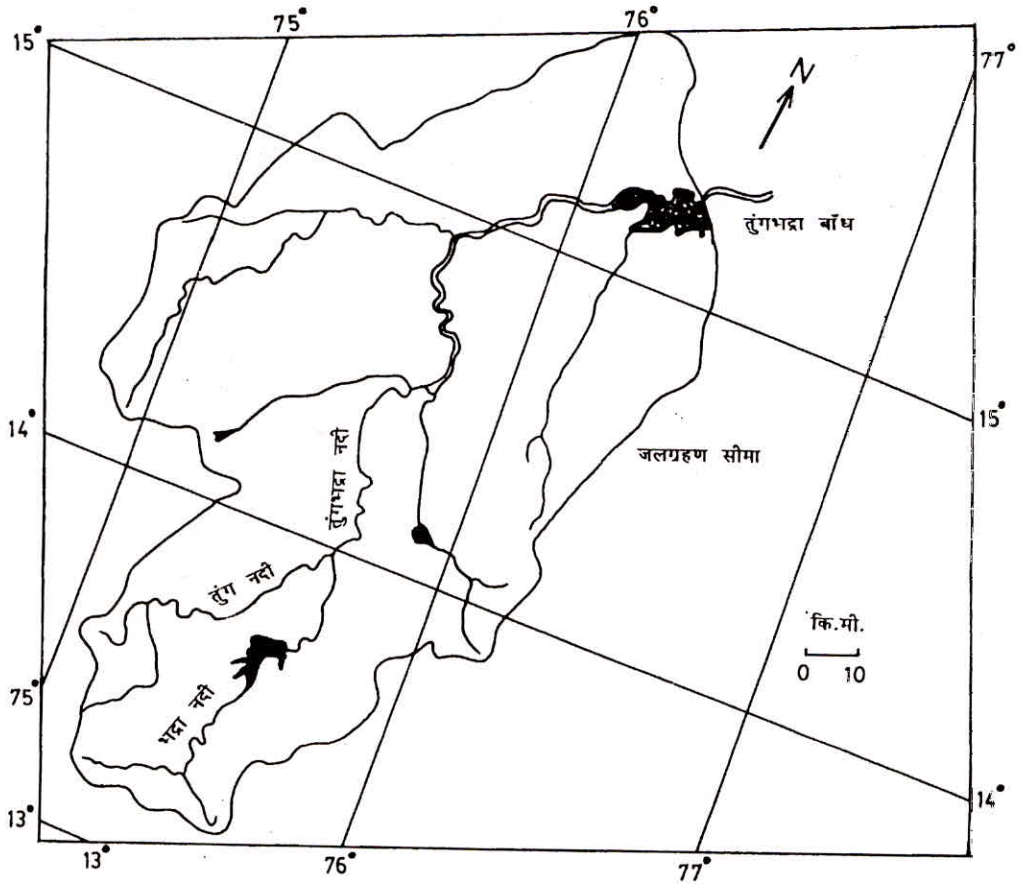
सुदूर संवेदन द्वारा निलंबित तलछट की सांद्रता के प्रबोधन के अतिरिक्त परिवर्द्धकरण का सतही क्षेत्रफल सुविधापूर्वक ज्ञात किया जा सकता है। साधारणतया उपलब्ध आकृतिमान आंकड़ों के उपयोग द्वारा, सतही क्षेत्रफल और झील आयतन में सम्बन्ध स्थापित किया जा सकता है जब झील आयतन उच्च परिवर्तनशील हो, उदाहरणतया: बाढ़ नियंत्रण जलाशय।

इस अध्ययन का उद्देश्य जलाकारीय सर्वेक्षण तथा लैंडसेट/आई.आर.एस.-1ए (Land Sat / IRS - 1A) प्रतिबिम्बों के उपयोग द्वारा तुंगभद्रा जलाशय में अवसादन मूल्यांकित करना है।

## 2. अध्ययन क्षेत्र :

### 2.1 तुंगभद्रा परियोजना :

तुंगभद्रा बाँध कर्नाटक राज्य में बेलारी शहर से लगभग 69.25 कि.मी. दूर स्थित है (चित्र-1)। बाँध की कुल लम्बाई 2.4 कि.मी. है। जलाशय के एफ.आर.एल. (पूर्ण जलाशय स्तर) पर जल फैलाव की अधिकतम चौड़ाई 15.30 कि.मी., परास 85.34 कि.मी. तथा क्षेत्रफल 378 वर्ग कि.मी. है। जलाशय की संचयन क्षमता (472.4 मी. के उपर) 3718 मिलियन क्यूबिक मीटर है (निष्क्रिय संचयन क्षमता 32.83 मिलियन क्यूबिक मीटर के अतिरिक्त)।



चित्र 1 : तुंगभद्रा जलाशय और जलग्रहण क्षेत्र का स्थल मानचित्र

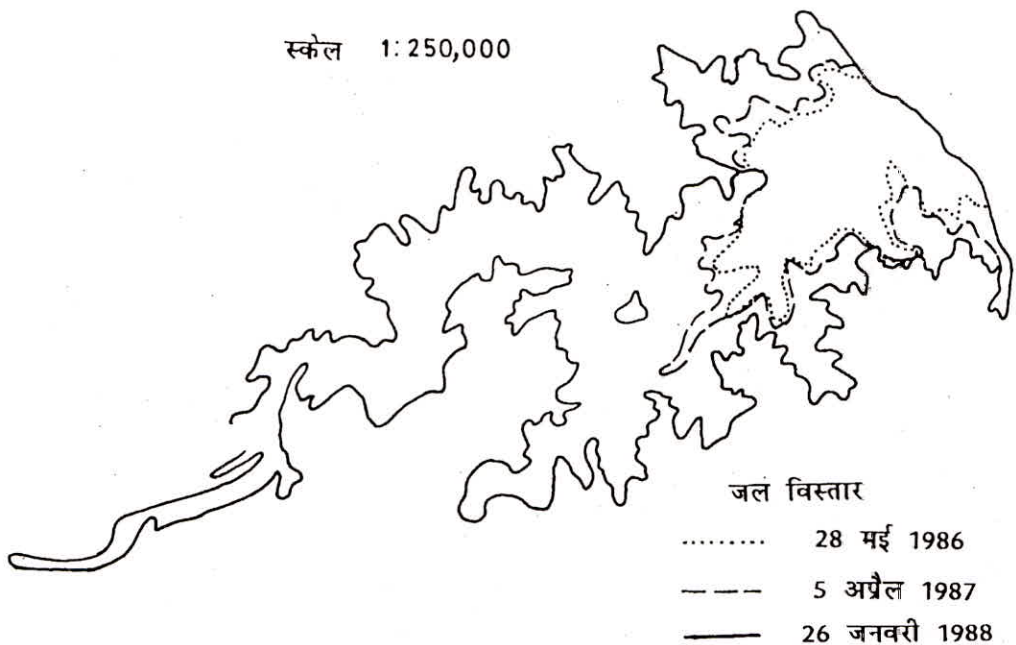
### 3. क्रिया-विधि :

#### 3.1 प्रयुक्त आंकडे :

इस अध्ययन में निम्नलिखित उपग्रह प्रतिबिम्ब (Satellite Images) प्रयुक्त किये गये :

गुजरने की तारीख	उपग्रह
मई 28, 1996	लैंडसेट एम.एस.एस. (LandSat MSS)
अप्रैल 5, 1987	लैंडसेट एम.एस.एस. (LandSat MSS)
जनवरी 26, 1988	लैंडसेट एम.एस.एस. (LandSat MSS)
जनवरी 16, 1989	आई.आर.एस.-1ए-एल.आई.एस.एस.-11 (IRS -1A- LISS-II)
मार्च 23, 1989	आई.आर.एस.-1ए-एल.आई.एस.एस.-11 (IRS -1A- LISS-II)

तुंगभद्रा जलाशय के श्याम-और-श्वेत बहुबैंड और बहुडेट लैंडसेट (बैंड 1, 2 और 4) और आई.आर.एस.-1ए-एल.आई.एस.एस.-11 (एफ.सी.सी.) [IRS-1A LISS-II (FCC)], प्रतिबिम्बों की दृश्यीय व्याख्या की गयी। इनका अध्यारोपण जलाशय के पश्चिमी क्षेत्र के साथ-साथ स्पष्ट परिवर्तन प्रदर्शित करता है (चित्र-2)। जल फैलाव, बैंड 4 (800-1100 नैनोमीटर) प्रतिबिम्ब में श्याम टोन (black tone) में प्रकट होता है जबकि यह बैंड 1 (500-600 नैनोमीटर) एवं बैंड 2 (600-700 नैनोमीटर) में ग्रे टोन (Gray Tone) के विभिन्न वर्णक्रम द्वारा प्रदर्शित होता है। विभिन्न ग्रे स्तर



चित्र 2 : विभिन्न मास के दौरान जल फैलाव क्षेत्रफल दशाति हुये

(Gray level) प्रत्येक व्यक्तिगत बैड में चित्रित और संकलित किये गये। आविलता स्तर दृश्यीय विधि द्वारा चिन्हित किये गये।

क्षेत्रफल-क्षमता वक्र तैयार करने के लिये, जलाशय जल फैलाव का क्षेत्रफल बहुडेट प्रतिबिम्बों (मई 1986, अप्रैल 1987, जनवरी 1988, जनवरी 1989 और मार्च 1989) द्वारा मापा गया। जलाशय का एक अधिचित्र दीर्घांकृत प्रतिबिम्ब से बनाया गया। क्षेत्रफल की गणना बिन्दु-ग्रिड (dot-grid) विधि द्वारा की गयी। प्रतिबिम्बों की डेट के अनुरूप जलाशय जल स्तर 1985 की सादन सर्वेक्षण प्रतिवेदन से रिकार्ड किये गये। दो परवर्ती जलाशय स्तरों के बीच जलाशय के आयतन की गणना निम्नलिखित प्रिज्माभीय सूत्र (Prismoidal Formula) के प्रयोग द्वारा की गयी।

$$V = \frac{(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})}{3} H$$

जहाँ,

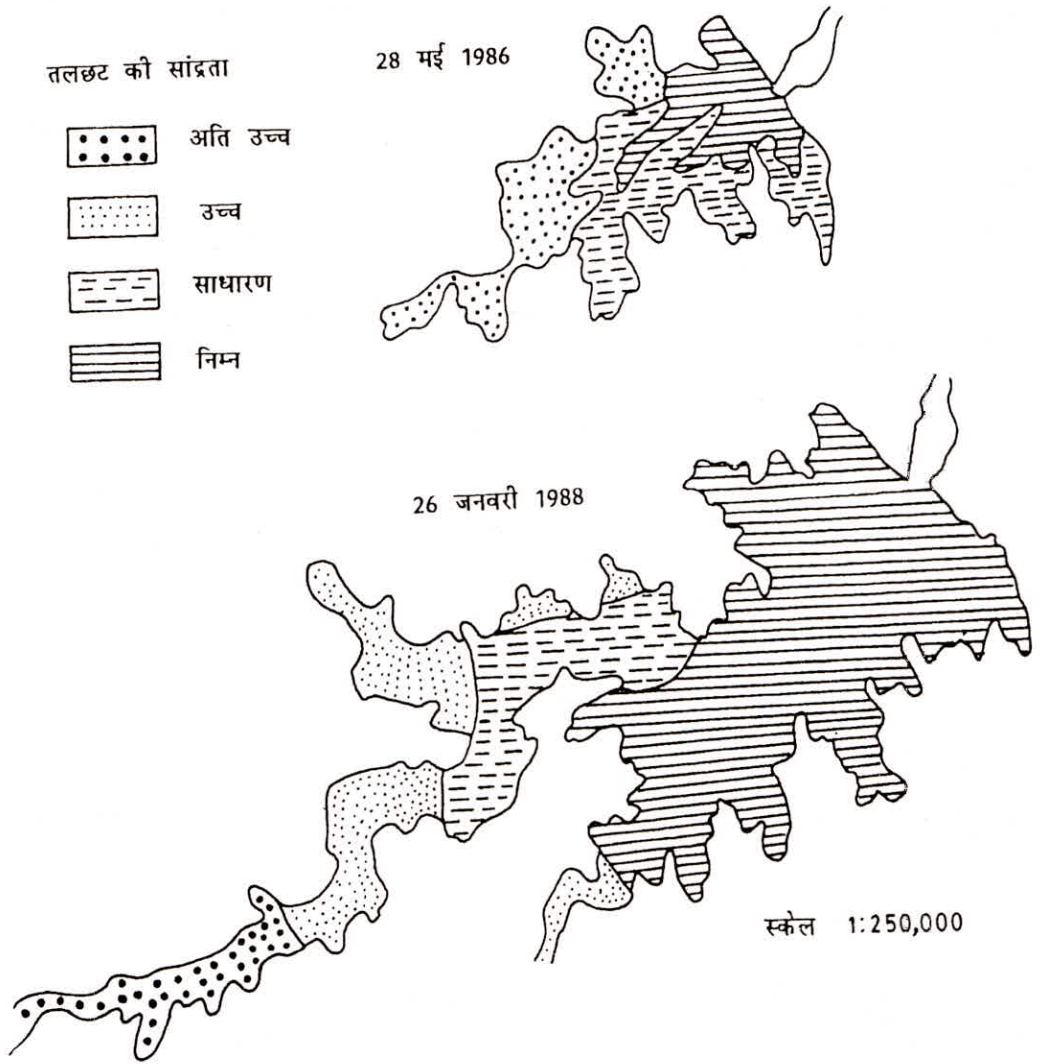
- V = स्तर 1 और स्तर 2 के बीच आयतन (घन मीटर)  
 $A_1$  = स्तर 1 पर जल सतही क्षेत्रफल (वर्ग मीटर)  
 $A_2$  = स्तर 2 पर जल सतही क्षेत्रफल (वर्ग मीटर)  
H = दोनों स्तरों के बीच ऊँचाई में अन्तर (मीटर)

जलाशय प्राधिकारियों द्वारा तैयार की गयी क्षेत्रफल-क्षमता तालिका से जलाशय जल का आयतन लेते हुये, संचयी आयतन की गणना की गयी। तब एक नया क्षेत्रफल-क्षमता वक्र तैयार किया गया।

#### 4. परिणाम और विचार-विमर्श :

उपग्रह प्रतिबिम्ब एक विशिष्ट समय पर जलाशय में निर्लंबित तलछट के फैलाव का प्रकटीकरण करता है। जलाशय के अन्दर तलछट स्तरों का वितरण, बाढ़ काल प्रारम्भ होने पर बाढ़ जल स्तर के आयतन तथा बाढ़ काल की समाप्ति पर बाढ़ जल के वितरण पर निर्भर करता है। इन प्राचलों को पूर्व मानसून और मानसूनोत्तर उपग्रहीय आंकड़ों के प्रयोग द्वारा मापा जा सकता है।

जलाशय की परिधि पर अनावरत क्षेत्रफल के अध्ययन के लिये पूर्वमानसून ऋतु की उपलब्ध लैंडसेट प्रतिबिम्ब-मई 28, 1996 का प्रयोग किया गया। विभिन्न ऋतुओं के लिए बैड 1, 2, 4 (मई 28, 1986, अप्रैल 5, 1987 और जनवरी 26, 1998) का प्रयोग करते हुए ग्रे टोन के विभिन्न स्तर चिन्हित किये गये, जो तलछट की सांद्रता (अति उच्च से निम्न) दर्शाते हैं। इन टोनल विचरणों (tonal variation) का संकलन ग्रे टोन के चार स्तर प्रकट करता है। चित्र-3 जनवरी 1988 और मई 1986 में तुंगभद्रा जलाशय में निर्लंबित तलछट फैलाव प्रतिरूप को दर्शाता है तथा जलाशय में आविलता के चार स्तरों को प्रदर्शित करता है।



चित्र 3 : तुंगभद्रा जलाशय में पूर्वमानसून एवं मानसूनोत्तर के दौरान निलंबित तलछट सांद्रता दशाति हुये

आविलता जलाशय के नदी अंतर्वाह क्षेत्र और परिधि के साथ-साथ सामान्यतः उच्च पाई गई। बाँध अक्ष के समीप गहरा जल क्षेत्र स्वच्छ रहता है। जलाशय के केन्द्रीय भाग में तलछट सांद्रता मध्यवर्ती स्तर पर है।

अधिकतम जल फैलाव क्षेत्रफल मानसूनोत्तर काल (जनवरी) में और उच्च आविल जल अंतर्वाह क्षेत्र के साथ-साथ पाया गया। यह जलाशय में तुंगभद्रा नदी और उपनदियों द्वारा बाढ़ जलों के द्वारा लायी गयी नयी तलछट के पहुँचने के कारण है। कुल मिला कर चार सांद्रता स्तर अभिनिर्धारित हुये जो कि अति उच्च, उच्च, साधारण और निम्न है।

मई 1986 ग्रीष्म ऋतु के इस मास (पूर्वमानसून) में केवल तीन सांद्रता स्तर अर्थात् उच्च, साधारण और निम्न उपस्थित थे। जल में तलछट की स्थिरण दर जलाशय जल की श्यानता पर निर्भर करती है। ग्रीष्म ऋतु मासों में, जैसे ही जल तापमान बढ़ता है, इसकी श्यानता घटती है। परिणामस्वरूप तलछट की स्थिरण दर बढ़ती है और अधिक निलंबित तलछट का संचयन होता है। मई के मास में सापेक्षतः स्वच्छ जल के लिये यही सम्भव कारण है। 26 जनवरी 1988 प्रतिबिम्ब से अभिनिर्धारित चार सांद्रता स्तरों में से तीन स्तर तुंगभद्रा नदी के पश्चिमी संगम की ओर प्रेषित किये गये। अवरक्त बैड 4 जल का गहरा श्याम और श्याम टोन दर्शाता है, जबकि दृश्य बैड (बैड 1 और 2) निलंबन में तलछट के भिन्न प्रकार के श्वेत टोन दर्शाता है। यह बहुत सूक्ष्म निलंबित कणों की उपस्थिति के कारण हो सकता है, जो कि जल सतह से आपतित सौर विकिरण का अधिकतम परावर्तन उत्पन्न करता है।

#### 4.1 क्षेत्रफल-क्षमता वक्र :

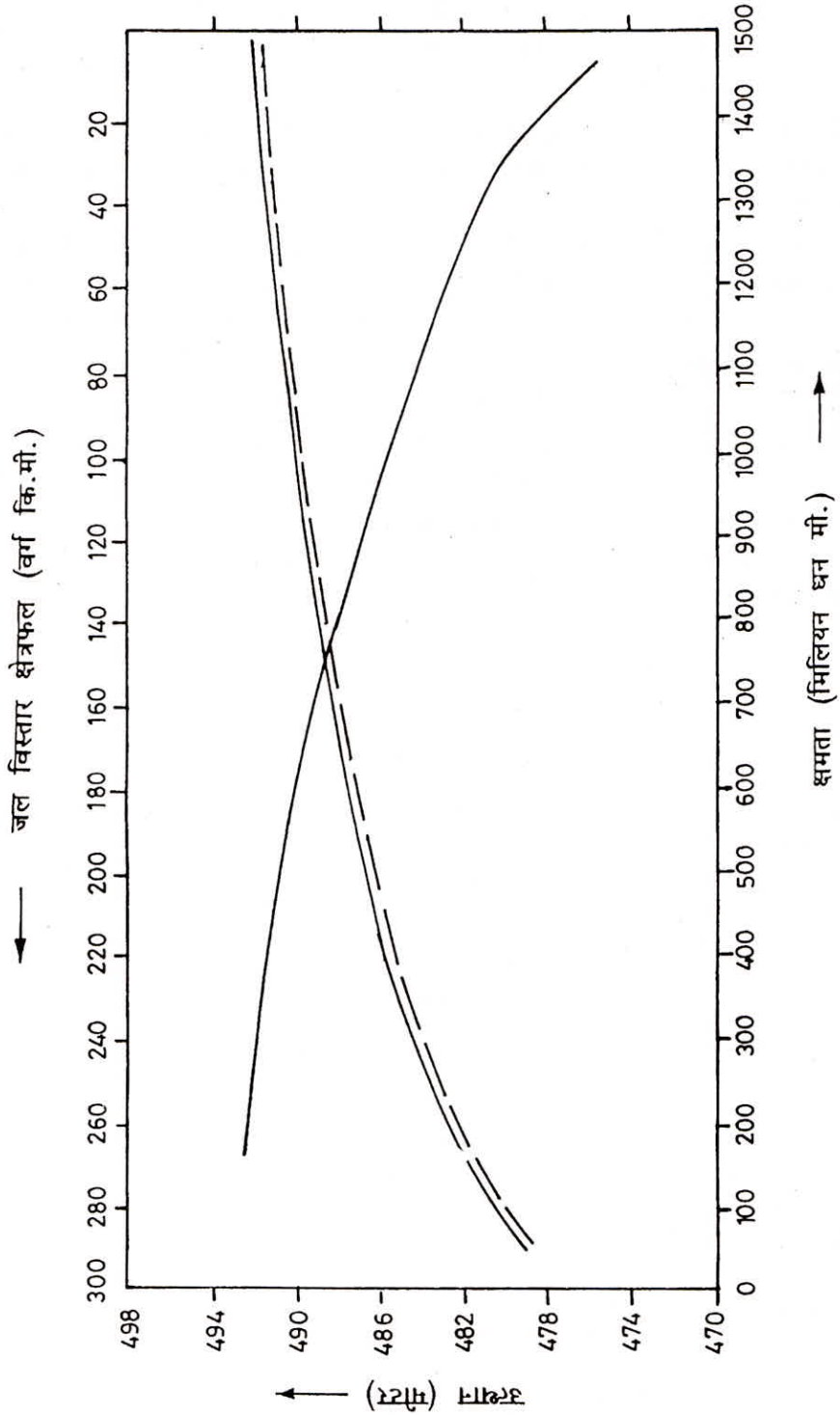
क्षेत्रफल-क्षमता वक्र के विश्लेषण द्वारा सादन के कारण जलाशय क्षमता में कमी का अध्ययन किया जा सकता है। क्षेत्रफल-क्षमता वक्र तैयार करने के लिये बहुडेट प्रतिबिम्बों की सीरीज का विश्लेषण करना चाहिये। क्षेत्रफल क्षमता के मान तालिका-1 में दिये गये हैं। अध्ययन से प्राप्त क्षेत्रफल-क्षमता वक्र (चित्र-4) जलाकारीय सर्वेक्षण से प्राप्त वक्र के लगभग सादृश्य पाया गया।

#### 5. निष्कर्ष :

जलाशय में तलछट भार की सांद्रता के मानचित्रण में मल्टीडेट प्रतिबिम्ब अत्यन्त लाभदायक होते हैं। तुंगभद्रा जलाशय की क्षमता और जल सतही क्षेत्रफल का विश्लेषण, 480.10 से 492.10 मीटर के बीच 5 स्तरों पर लैंडसेट एम.एस.एस. और आई.आर.एस.-1ए-एल.आई.एस.

तालिका 1 : तुंगभद्रा जलाशय क्षेत्रफल क्षमता (लैंडसेट/आई.आर.एस. प्रतिबिम्बों के प्रयोग द्वारा)

उपग्रह गुजरने के दिनांक	जलाशय स्तर (मीटर)	क्षेत्रफल (जल फैलाव) (मिलियन वर्ग मी.)	दो स्तरों के बीच क्षमता (मिलियन घन मी.)	क्षमता (मिलियन घन मी.) (A)	क्षमता-जलाकारीय सर्वेक्षण 1985 (मिलियन घन मी.) (B)	अन्तर प्रतिशत (B-A)
मई 1986	480.10	32.5	-	-	91.08	-
अप्रैल 1987	480.20	32.9	9.23	100.31	95.95	4.35
मार्च 1989	481.00	37.00	31.19	131.50	122.48	6.85
जन. 1988	489.40	175.00	831.90	963.40	951.25	1.20
जन. 1989	492.10	227.0	513.89	1467.29	1457.87	1.31



चित्र 4 : तुंगभद्रा जलाशय का क्षेत्रफल-क्षमता वक्र



एस.-II (IRS-IA-LISS-II) प्रतिबिम्बों के उपयोग द्वारा किया गया। इस अध्ययन से निकाले गये मुख्य निष्कर्ष निम्न है :

- (1) तुंगभद्रा जलाशय में तलछट की उच्च सांद्रता प्रायः तुंगभद्रा नदी के पश्चिमी संगम पर प्रेक्षित की गयी।
- (2) प्रेक्षित टोनल विचरण (Tonal Variation) के आधार पर जलाशय को चार मुख्य क्षेत्रों में विभाजित किया जा सकता है अर्थात् नदी संगम पर अति उच्च और उच्च, परिधि पर साधारण और बाँध स्थल पर निम्न।
- (3) लैंडसेट एम.एस.एस. की स्थिति में बैंड 1 और 2 जल स्तम्भ में निलंबित तलछट फैलाव के विषय में श्रेष्ठतर सूचना देते हैं जबकि अवरक्त के करीब बैंड 3 और 4 भूमि-जल अंतरापृष्ठ उपलब्ध कराते हैं लेकिन तलछट फैलाव प्रतिरूप के गुणात्मक मानचित्रण के लिये सारे चारों बैंडों के आंकड़ों का संकलन आवश्यक है।
- (4) मल्टीडेट उपग्रह प्रतिबिम्बों से क्षेत्रफल-क्षमता वक्र तैयार किया जा सकता है। इस अध्ययन से प्राप्त क्षेत्रफल-क्षमता वक्र, जलाकारीय सर्वेक्षण से प्राप्त वक्र के लगभग सादृश्य पाया गया।
- (5) आई.आर.एस.-1ए-एल.आई.एस.एस.-II आंकड़े जल फैलाव क्षेत्रफल के आंकलन के लिये लाभदायक हैं और लैंडसेट आंकड़ों के स्थान पर प्रयुक्त किये जा सकते हैं।

## 6. सदर्भ :

- (1) बालाकृष्णन, पी. (1986), ईशुज इन वाटर रिसोर्सेज डवलपमेंट एंड मेनेजमेंट एंड दि रोल ऑफ रिमोट सेन्सिंग, ISRO-NNRMS-TR-67-86-ISRO, बैंगलौर 37-39
- (2) चौबे, वी.के. (1988), रिमोट सेन्सिंग फॉर सेडिमेन्टेशन स्टडिज इन रिजरवायर TR-57 रा. ज.सं, रुड़की
- (3) चौबे, वी.के. (1990), मॉडलिंग सेडिमेंट एंड डिजाल्वड लोड ऑफ दि तवा रिजरवायर एंड रिवर (म0 प्र0) बाई रिमोट सेन्सिंग टैक्निकस् पीएच.डी. थिसिस, जे.एन.यू. नई दिल्ली
- (4) खोरम, एस. एंड चेशायर, एच.एम. (1985), रिमोट सेन्सिंग ऑफ वाटर क्वालिटी इन दि न्यूज रिवर ऐसचुरी, नार्थ कोरोलिना फोटोग्रामैटिक इंजिनियरिंग एंड रिमोट सेन्सिंग LI(3) 329-342
- (5) मुले, एम.वी.; अम्मिनेदु, ई.; उदय आर.; चक्रवर्ती एम. और तमीलारासन, वी. (1986), वाटर क्वालिटी मैपिंग इन लेक्स एंड रिजरवायर्स यूजिंग मल्टीटेमपोरल लैंडसेट इमेजरी IRS-UP/SAC/WQM/SM/03/86, SAC, अहमदाबाद

- (6) मूर्ति, टी.वी.आर.; सिंह, टी.एस.; पलरिया, एस. और मुले, एम.वी. (1988), इवेल्युएशन ऑफ डिजिटल एनहेंसमेंट टैक्निकस् फॉर वाटर क्वालिटी स्टडी इन दि चिलका लेक एंड माटाटिला रिजरवायर यूजिंग लैंडसेट थिमेंटिक मैपर द्वारा IRS-UP/SAC/WQM/SN/07/88, SAC, अहमदाबाद
- (7) पलरिया, एस.; सिंह, टी.एस.; मुले, एम.वी.; चक्रवर्ती, एम.; तमीलारासन, वी. और कावोसा, एम.ए. (1987), वाटर क्वालिटी मैपिंग इन दि डल एंड वूलर लेक्स ऑफ जम्मू एंड कश्मीर यूजिंग लैंडसेट इमेजिज एंड ऐरियल फोटोग्राफ्स IRS-UP/SAC/WQM/SN/05/87, SAC, अहमदाबाद
- (8) रिचि, जे.सी. और कूपर, सी.एम. (1988), सस्पेंडेड सेडीमेन्ट कन्सनट्रेशन एस्टीमेटेड फ्राम लैंडसेट एम.एस.एस. डाटा, इन्ट. ज. रिमोट सेन्सिंग, 9 (3): 379-387
- (9) सहाय, बी. आदि (1987), एप्लिकेशन ऑफ रिमोट सेन्सिंग टैक्निकस् फॉर वाटरशैड करेक्टेराइजेशन इन ए पार्ट आफ दि यूकाई कैचमेंट SAC/RSA--RSAG/SN/02/87, SAC, अहमदाबाद
- (10) तुंगभद्रा रिजरवायर सेडिमेन्टेशन स्टडीज रिपोर्ट (1985), KERS, के.आर. सागर, मैसूर
- (11) वीशलैट, ई. ए. आदि (1973), क्लासिफिकेशन ऑफ टरबिडिटी लेवल इन टैक्सास मैरीन कोस्टल जोन, प्रोसिडिंग्स ऑफ कान्फ्रेंस ऑन मशीन प्रोसेसिंग ऑफ रिमोटली सेंसड डाटा LARS परड्यु यूनिवर्सिटी, अक्टूबर 1973, 31-42 से 31-59
- (12) यारगीर, एच.एल.; मैक्कोले, जे. आर.; जेम्स, जी.डब्ल्यू.; मैगन्यूसन, एल.एम. एंड रिचर्ड, जी. (1974), वाटर टरबिडिटी डिटेक्शन यूजिंग ERTS-1 इमेजरी, प्रोसिडिंग ऑफ थर्ड ERTS-1 सिम्पोजियम, वाशिंगटन डीसी 651-660