

सुदूर संवेदी तकनीकों द्वारा जल बंधता का निर्धारण एवं चित्रण करना

तिलक राज सपरा, शोध सहायक

डा. वी.के. चौबे, वैज्ञानिक एफ

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की।

सारांश

पर्याप्त निकासी तंत्र की व्यवस्था किये बिना सिंचाई परियोजनाओं के निष्पादन से भूजल पुनःपूरण एवं निस्सरण के बीच साम्यता प्रभावित हो गयी है, जिसके परिणाम स्वरूप भारत में सेच्य क्षेत्र में भूजल स्तर में अभिवृद्धि पायी गयी है। तवा सेच्य क्षेत्र सिंचाई अधिकता एवं नहर तंत्र से रिसाव के कारण जल बंधता की समस्या का सामना कर रहा है।

तवा सेच्य क्षेत्र में आई.आर.एस. एवं ऐ-लिस-1 आंकड़ों का उपयोग करते हुए जल बंधित क्षेत्र की व्युत्पत्ति के लिए यह अध्ययन आरम्भ किया गया। आई.आर.एस.-1 ऐ-लिस-1, 20 नवम्बर, 1989 तथा 23 मार्च 1989 की एफ.सी.सी. का उपयोग करते हुए तवा सेच्य क्षेत्र के लिए भूमि उपयोग एवं निकासी मानचित्र भी तैयार किये गये। जल बंधता से प्रभावित क्षेत्र तथा जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्र की व्युत्पत्ति के लिए 19 मई 1988, 20 अक्टूबर 1988 तथा 20 नवम्बर 1989 के आई.आर.एस.-लिस-1 अंकीय आंकड़ों का विश्लेषण किया गया। आई.आर.एस. द्वारा व्युत्पत्त किये गये जल बंधित क्षेत्र को उपलब्ध भूजल स्तर गहराई आंकड़ों के साथ सत्यापन का प्रयास भी किया गया।

जल बंधित क्षेत्र की व्युत्पत्ति के लिए घनता खण्डन एक उपयोगी अंकीय तकनीक हो सकती है। अध्ययन के परिणाम संकेत करते हैं कि अक्टूबर 1988 में 80 वर्ग किमी. का क्षेत्र जल बंधता से ग्रस्त था तथा लगभग 140 वर्ग किमी. क्षेत्र जल बंधता के प्रति संवेदनशील था, जहां भूजल स्तर 0 से 3 मीटर के बीच था। यह सुझाव दिया गया कि नियमित अंतराल पर सुदूर संवेदी तकनीकों का उपयोग करते हुए जल बंधित क्षेत्र का निर्धारण किया जाना चाहिए।

1.0 परिचय

सतही एवं उप सतही निकासी की निम्नता, निकासी तंत्र का अक्षय रखरखाव, सिंचाई अधिकता तथा व्यापक-जल फसलों की कृषि इत्यादि कुछ मुख्य कारण हैं, जो नहर सिंचाई तंत्र से लाभकारी स्थिति को प्रभावित करते हैं। सिंचाई के लिए राष्ट्रीय आयोग 1972, कृषि पर राष्ट्रीय आयोग 1976 तथा जल संसाधन मंत्रालय 1991 ने भारत में क्रमशः 4.84, 6.00 तथा 2.46 मी. हैक्टेयर जल बंधित क्षेत्र का आंकलन किया।

इसलिए यह अति आवश्यक है कि भूजल स्तर पर सिंचाई के संभावित प्रभाव विशेषकर सिंचाई सेच्य क्षेत्र में निकासी संकुलन तथा जल बंधता की संभावना का मूल्यांकन करने के लिए क्रमबद्ध अन्वेषण आरम्भ किये जाये, जिससे यह आवश्यक हो तो परियोजना को बनाते समय उपचार उपायों को भी शामिल किया जाये।

विभिन्न सेच्य क्षेत्रों में जल बंधता समस्या का पूर्व विभिन्न अन्वेषकों द्वारा अध्ययन किया गया राव (1986, पटेल 1989, चितले 1991, बाऊर इत्यादि 1990, शर्मा इत्यादि 1990), पूर्व में रिपोर्ट किये गये आंकड़ों के अनुसार तवा सेच्य क्षेत्र में लगभग 34.000 हैक्टेयर क्षेत्र जल बंधता ग्रस्त है, जहां भूजल स्तर के नीचे 0 से 3 मी. के बीच पाया गया तथा लगभग 330 हैक्टेयर भूमि उत्पादन अयोग्य हो गयी (भाटिया इत्यादि 1990)।

देश में आरम्भ किये गये विभिन्न अध्ययन दर्शाते हैं कि जल बंधता एवं लवणीय/क्षारीय मृदा के प्रबोधन एवं व्युत्पत्ति के लिए सुदूर संवेदी तकनीक काफी उपयोगी है। (सहाय इत्यादि 1982 एवं कालू ब्रेम इत्यादि 1983)। शारदा सहायक सेच्य क्षेत्र में वर्ष 1975 एवं 1984 के मध्य जल बंधित क्षेत्र में परिवर्तन के प्रबोधन के लिए अग्रवाल (1990) ने लैंड सैट आंकड़ों का उपयोग किया। सिद्धु इत्यादि (1991) ने पंजाब में लवण प्रभावित तथा जल बंधित क्षेत्र की व्युत्पत्ति के लिए लैंड सैट इमेजरी का उपयोग किया। चौबे (1994) ने इंदिरा गांधी नहर परियोजना भाग-1 में जल बंधित क्षेत्र के निर्धारण के सुदूर संवेदी आंकड़ों का उपयोग करते हुए एक अध्ययन किया तथा यह निष्कर्ष निकाला कि सुदूर संवेदी आंकड़ों के उपयोग द्वारा जल बंधित क्षेत्र का तीव्र एवं यथार्थ निर्धारण किया जा सकता है। प्रस्तुत अध्ययन में सुदूर संवेदी तकनीकी का उपयोग करते हुए तवा सेच्य क्षेत्र में जल बंधित क्षेत्र का निर्धारण किया गया।

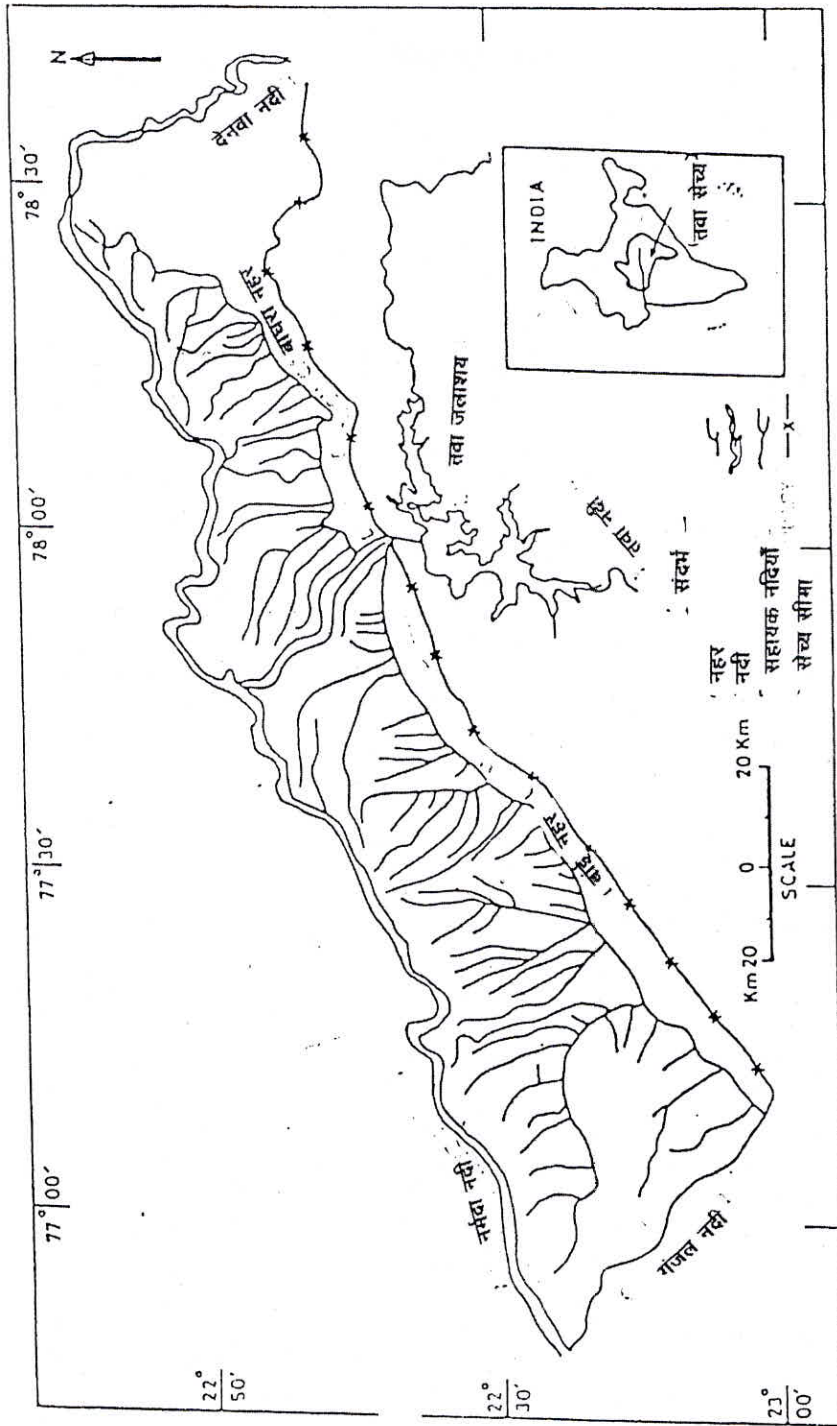
2.0 अध्ययन क्षेत्र

तवा परियोजना नर्मदा बेसिन में तवा नदी पर प्रथम सिंचाई परियोजना है। तवा जलाशय की कुल संचयन क्षमता 0.231 मीट्रिक है.मी. है। जिसमें जीवित क्षमता 0.205 मी. हे.मी. है। यह नहर तंत्र के बांये एवं दांये तट (जिसका कुल सेच्य क्षेत्र 0.333 मी. हैक्टेयर है) द्वारा हौशंगाबाद जिले में 0.247 मी. हैक्टेयर के सेच्य क्षेत्र को सिंचित करता है। बांध का आवाह क्षेत्र 5982.9 वर्ग किमी है।

संपूर्ण तवा सेच्य क्षेत्र 21° 53' एवं 22° 59' उत्तर तथा 76° 47' एवं 78° 44' दक्षिण के बीच स्थित है। इसकी ऊंचाई लगभग 290 एवं 335 मी. के बीच है। (चित्र-1)

अध्ययन क्षेत्र अर्ध-शुष्क क्षेत्र के अन्तर्गत आता है। क्षेत्र में वर्षा 1182.10 मि.मी. है, जिसमें अधिकांश जून-सितम्बर माह के बीच होती है। लगभग 92 प्रतिशत वर्षा मानसून मौसम के दौरान होती है जो जून के तीसरे सप्ताह से आरम्भ होकर सितम्बर के द्वितीय सप्ताह तक रहता है। क्षेत्र का तापमान 20 से. (जनवरी) से 42.3 डिग्री से. (मई) के बीच रहता है।

क्षेत्र की सामान्य प्रवणता 0.5 प्रतिशत है। लगभग 30 प्रतिशत सेच्य क्षेत्र 0.5 से 0.3 प्रतिशत प्रवणता के बीच आता है। सम्पूर्ण सेच्य क्षेत्र की प्रवणता उत्तर की ओर है। विभिन्न गहराईयों (0 से 2.5 मी.) पर मृदा की द्रवीय चालकता 0.26 से 0.58 मिली./घंटा के बीच पायी गयी।



चित्र सं 0 1 : तवा संचय क्षेत्र में निकासी एवं सहायक नदियों की स्थिति

क्षेत्र की मृदा भित्तेदार किस्म की है। क्षेत्र की मुख्य फसलों में खरीफ में सोयाबीन तथा रबी में गेहूं है। क्षेत्र में भूजल फीरियटिक तथा सीमित दोनों अवस्थाओं में मिलता है।

सभी जलदायी स्तर दक्षिण से प्रवाह द्वारा पुनःपूरित होते हैं। फीरियटिक जलदायी क्षेत्र सतह से 5 से 10 मी. नीचे मिलता है तथा सूक्ष्म से मध्यम बालू से निर्मित होता है। (शर्मा इत्यादि 1990), सीमित जलदायी स्तर भूसतह से सामान्यतया 15 से 37 मीटर नीचे मिलता है तथा इसमें बालू एवं ग्रवेल का जमाव होता है (वार्षिक प्रगति प्रतिवेदन, जैक ए.आर.एस., 1987)

1975 में तवा सिंचाई परियोजना के आरम्भ होने के पश्चात भूजल स्तर में सामान्य चढ़ाव देखा गया। कृषकों द्वारा 1978 में लगभग 50 हैक्टेयर क्षेत्र में रिसाव द्वारा जल बंधता की समस्या देखी गयी। जो 1982 में 200 हैक्टेयर के क्षेत्र में फैल गयी। (वार्षिक प्रगति प्रतिवेदन, जार्स, 1989-90)

3.0 उपयोग में लाये गये आंकड़े:

अध्ययन में निम्नलिखित आई.आर.एस.-1ए. लिस-1 उपग्रह आंकड़ों का उपयोग किया गया।

क्रम सं.	पाथ रो	सी.सी.टी./एफ.सी.सी.	दिनांक	पैमाना
1-	27-52	सी.सी.टी.	20 अक्टूबर, 1988	
2-	27-52	सी.सी.टी.	20 नवम्बर, 1989	
3-	27-52	सी.सी.टी.	19 मई, 1988	
4-	27-52	एफ.सी.सी.	23 मार्च, 1989	1:250,000
5-	27-52	एफ.सी.सी.	20 नवम्बर, 1989	1:250,000

55 एफ. एवं 55 जे (1:250,000) टोपोशीट्स का उपयोग किया गया।

4.0 कार्य विधि

सेच्य क्षेत्र में भूमि उपयोग एवं निकासी प्रवृत्ति का मानचित्र तैयार करने के लिए 23 मार्च 1989 एवं 20 नवम्बर, 1989 के आई.आर.एस.-1ए-लिस-1 फाल्स रंगीन काम्पोजिट विश्लेषण कर चित्रण किया गया।

मानसून से पूर्व एवं पश्चात की अवधि के लिए सेच्य क्षेत्र में जल बंधता वाले क्षेत्र की व्युत्पत्ति के लिए इलविस ईमेज प्रक्रमण तंत्र का उपयोग करते हुए 19 मई 1988, 20 अक्टूबर 1988 तथा 20 नवम्बर 1989 के आई.आर.एस.-1ए-लिस-1 संगणक टेप आंकड़ों का विश्लेषण किया गया।

सिंचित फसल भूमि, झाड़ीदार भूमि, वन एवं जल भराव वाले क्षेत्रों का विश्लेषण करते हुए भूमि उपयोग/आवरण मानचित्र तैयार किये गये। उच्च मृदा आर्द्रता जल भराव तथा वनस्पति जैसे संकेतकों के आधार पर जल बंधित क्षेत्र की व्युत्पत्ति की गयी। उच्च मृदा आर्द्रता तथा अल्प गम्भीर जल भराव को एफ.सी.सी. पर नीले टोन द्वारा संकेतिक किया गया। बारहमासी वनस्पति को इसके गुलाबी अथवा लाल टोन अभिलक्षणों द्वारा पहचान की गयी।

इलविस का उपयोग करते हुए सी.सी.टी. से तवा सेच्य क्षेत्र की घनता खण्डन का निष्कर्षण किया गया। बैंड-4 (इन्फरा-रौड के नजदीक) आंकड़ों का उपयोग करते हुए सभी तीनों तिथियों के लिए घनत्व खण्डन निकाले गये। जल के ग्रे मानों के आधार पर घनता खण्डन के लिए निम्नतम एवं अधिकतम ग्रे मानों, जल स्रोतों (आर्द्र एवं शुष्क भूमि) की परिधि एवं निचले क्षेत्र में वनस्पति (उच्च एवं वन क्षेत्र में वनस्पति के अतिरिक्त) के चयनों के लिए अक्टूबर 1988 के आंकड़ों का चयन किया गया।

नवम्बर 1989 के माह में जल मौसम विज्ञानीय एवं जल स्तर गहराई आंकड़े एकत्र किये गये तथा क्षेत्र में इनका सत्यापन किया गया।

5.0 परिणाम एवं विचार-विमर्श

1975 में तवा सिंचाई परियोजना के आरम्भ होने के पश्चात क्षेत्र में भूजल स्तर में चढ़ाव देखा गया। (काले, 1993) तवा सेच्य क्षेत्र में तवा परियोजना के आरम्भ होने से पूर्व एवं पश्चात कुछ चयनित गांवों में भूजल स्तर को सारणी-1 में दर्शाया गया है।

विभिन्न ऊंचाईयों पर स्थित कूपों में जल स्तर का मापन संकेत करता है कि औसत समुद्री तल (एस.एस.एल.) से ऊपर 303 एवं 314 मीटर के बीच स्थित कूपों में जून 1988, अगस्त 1988 एवं दिसम्बर 1988 के दौरान भूजल स्तर में कोई विशेष परिवर्तन नहीं दर्शाते हैं। यद्यपि निचले क्षेत्रों में स्थित (290 मी.) कूप मानसून अवधि तथा अक्टूबर 1987 एवं मार्च 1988 के बीच जल स्तर में काफी चढ़ाव दर्शाते हैं।

सारणी-1 तवा सेच्य क्षेत्र में जल स्तर की गहराई मीटर में

ग्राम	सिंचाई परियोजना से पूर्व जल स्तर की गहराई (1974)	सिंचाई परियोजना के पश्चात जल स्तर की गहराई (1984)
फीपारत्ल	12.2 - 18.3	5.5 - 10.0
रोहाना	10.7 - 16.0	3.7
बेखेदी	12.2	2.4
सावल खेड़ा	10.7 - 12.2	1.2 - 2.4
बेरखेड़ी	9.1 - 12.2	6.5
दोलारा	10.7 - 12.2	5.2 - 6.1
चांदवार्ड	12.2	3.1 - 4.8
बगावा	13.7 - 15.2	6.1 - 14.6
पावर खेड़ा	11.5 - 12.0	1.6 - 4.4
डोगरवाडा	12.2 - 18.3	16.0
पटौडी	7.5 - 11.5	0.0 - 2.7
नताया	7.6 - 9.1	0.0 - 2.0
ब्यौरा	11.0 - 12.0	0.0 - 1.5
निमसाडिया	7.6 - 9.0	0.0 - 1.5

स्रोत: बाउन्डर इत्यादि, 1987

5.1 भूमि उपयोग मानचित्र

1:250,000 पैमाने पर आई.आर.एस. एफ.सी.सी. द्वारा भूमि उपयोग/भूमि आवरण मानचित्र तैयार किया गया। (चित्र-2) सेच्य क्षेत्र में कृषि भूमि (फसल भूमि एवं ऊसर भूमि) लगभग 2111 वर्ग किमी तथा झाड़ीदार भूमि (नर्मदा नदी एवं नहर के बांये तट के सहारे) लगभग 323.5 वर्ग किमी. है। बाकी बचे 35.5 वर्ग किमी. में जल स्रोत, सड़कें, नदियां तथा अन्य संरचनाएं हैं।

5.2 ईमेज विश्लेषण

यह प्रेक्षित किया गया कि जलाशय के गहरे स्वच्छ जल के लिए ग्रे.मान इन्फरा रेड बैंड 4 में 9-15 के बीच पाये गये जबकि जलाशय के परिधि के सहारे ये मान 20-25 के बीच पाये गये। तालाबों एवं नदियों में ग्रे.मान 20-25 के बीच प्रेक्षित किये गये। इसलिए घनता खण्डन के लिए निम्न से उच्च आर्द्रता क्षेत्रों के आवरण के लिए, सेच्य क्षेत्र में अक्टूबर एवं मई 1988 तथा नवम्बर 1989 के लिए बैंड 4 पर 15-25 के बीच मानों का अनुप्रयोग किया गया। अक्टूबर 1988 के लिए प्राप्त ईमेज सेच्य क्षेत्र में जल भराव (जल बंधित) क्षेत्र को दर्शाती है। (चित्र-3)

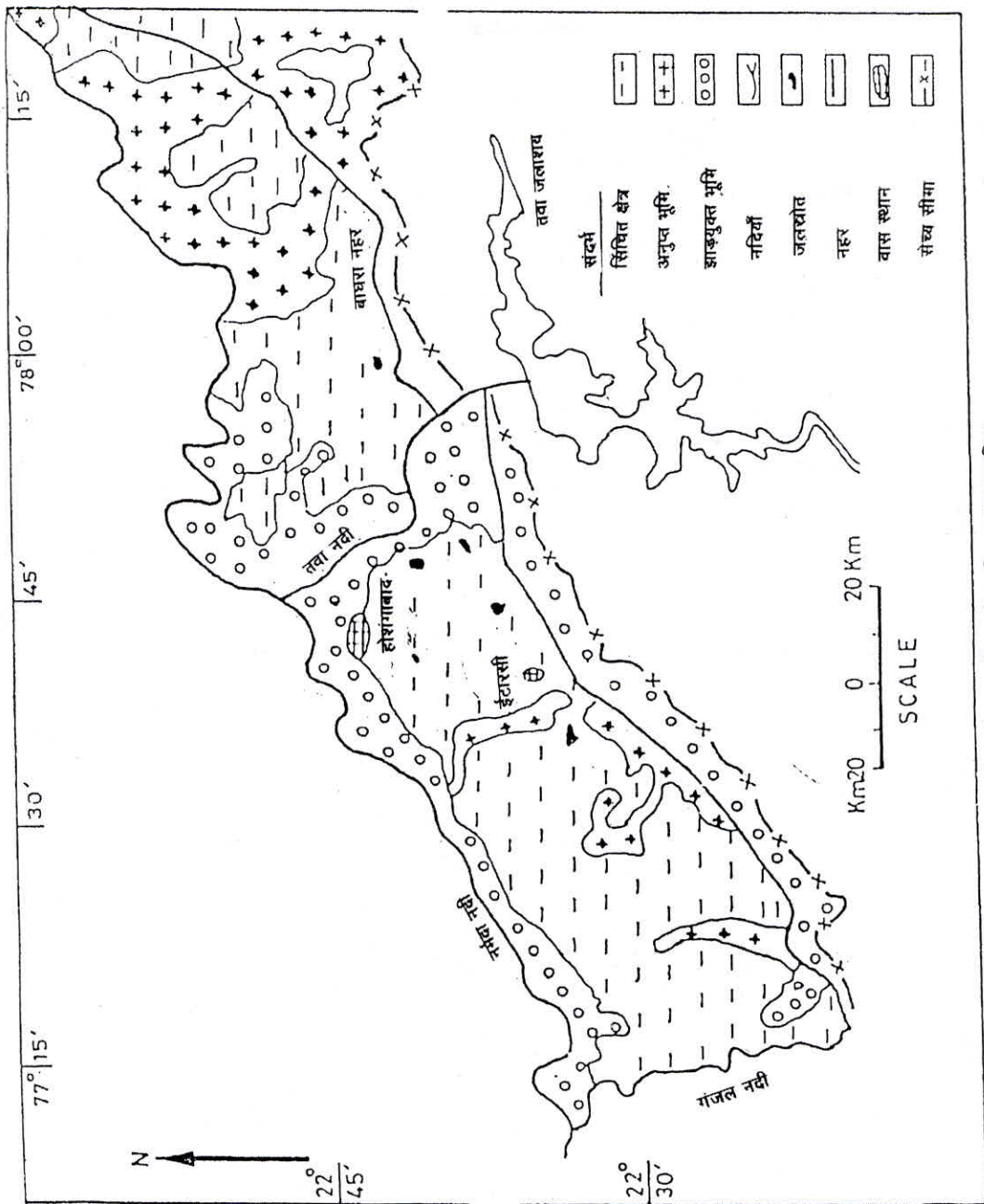
जल बंधित क्षेत्र के सतह से जिसका भूजल स्तर 1 मीटर के बीच हो, तथा जल बंधता के प्रति संवेदनशील (भूजल स्तर 1-3 मीटर के बीच हो), क्षेत्र की पहचान करने के लिए, अधिकतम ग्रे.मान में 15-26 की वृद्धि पायी गयी भूजल स्तर गहराई, मृदा एवं वनस्पति प्रवृत्ति पर आधारित तथा 20 अक्टूबर 1988 के लिए घनता खण्डन किया गया। इसके परिणाम जल बंधित एवं आर्द्र भूमि क्षेत्र को दर्शाते हैं। एक बार फिर अधिकतम ग्रे.मान में दो (28 से) की वृद्धि देखी गई विभिन्न ग्रे.मान श्रेणियों के लिए जल बंधता, आर्द्र भूमि एवं वनस्पति क्षेत्रों के लिए दो मानचित्र तैयार किये गये। 15-26 एवं 15-28 ग्रे मानों के लिए प्राप्त जल बंधता संवेदनशील क्षेत्रों का फील्ड में सत्यापन किया गया। इन क्षेत्रों में भूजल स्तर एक से तीन मीटर के बीच पाया गया।

चित्रण व्याख्या एवं ईमेज विश्लेषण के दौरान फील्ड में सत्यापन के लिए 24 स्थलों का चयन किया गया। यह पाया गया कि 96 प्रतिशत जल बंधित क्षेत्र की प्रवणता उत्तर-पश्चिम दिशा में 0.5 प्रतिशत से कम पायी गयी। साथ लगे उच्च क्षेत्र से भूमि का उदविक्षेप औसत समुद्र तल से 310 से 316 मीटर ऊपर पाया गया जबकि जल बंधित क्षेत्र में यह 297.2 के 299.6 मीटर के बीच पाया गया। हौशंगाबाद विभाजक रेखा 313.93 मीटर उदविक्षेप से गुजरती है, इसलिए उदविक्षेप अन्तर लगभग 14-16 मीटर पाया गया (काले, 1993)।

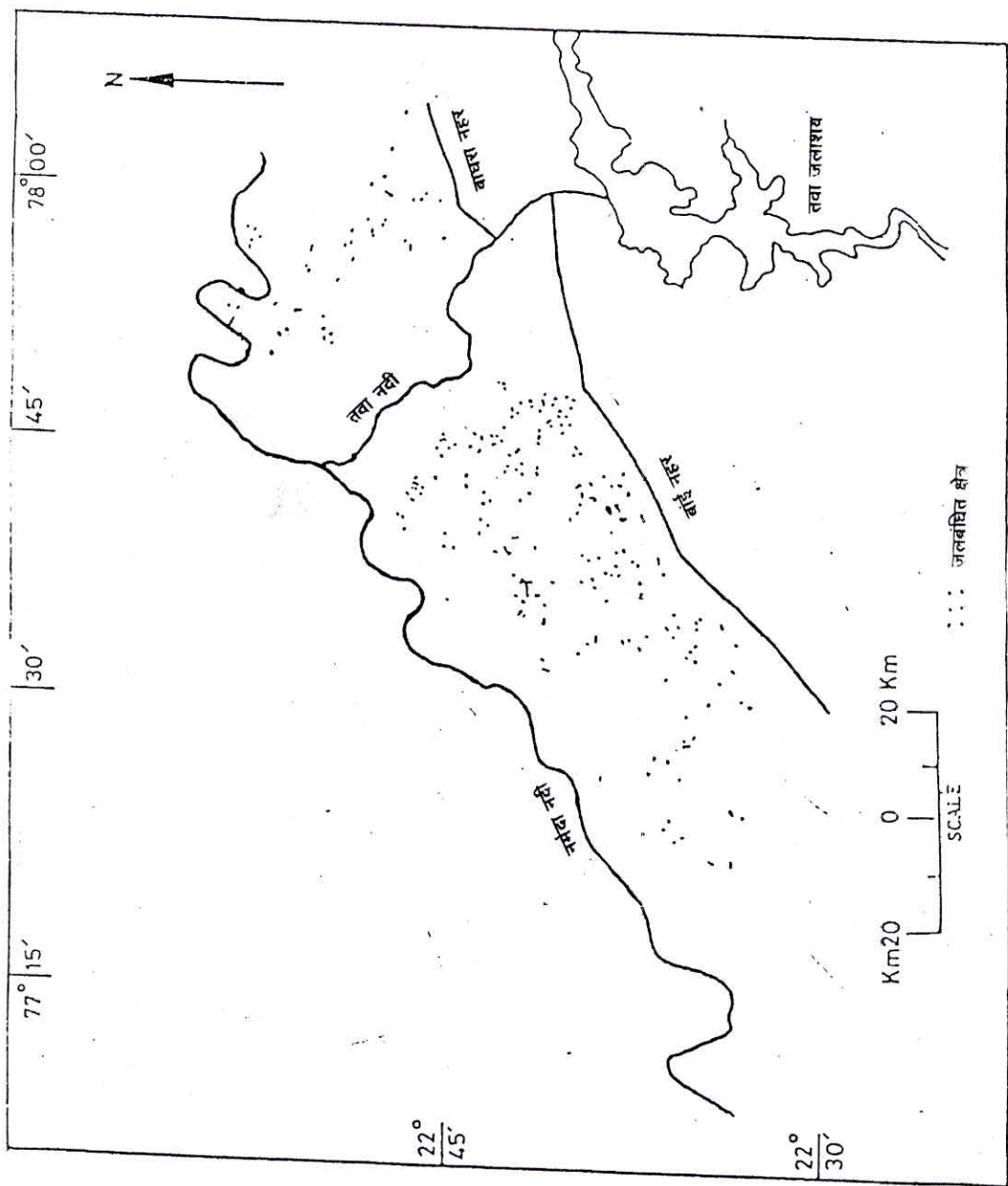
सेच्य क्षेत्र में यह देखा गया कि प्राकृतिक नालों में आइपोमिया एक्वेटिका एवं जलीय घास काफी अधिक देखे गये। ये न केवल सिल्ट का जमाव करते हैं बल्कि नालों की धारण क्षमता में भी ह्रास करते हैं।

मध्य प्रदेश भूजल विभाग द्वारा मानसून से पूर्व एवं पश्चात (अर्थात् मई एवं अक्टूबर 1988) एकत्रित किये गये भूजल स्तर गहराई आंकड़े चित्र 4 एवं 5 में दर्शाये गये हैं।

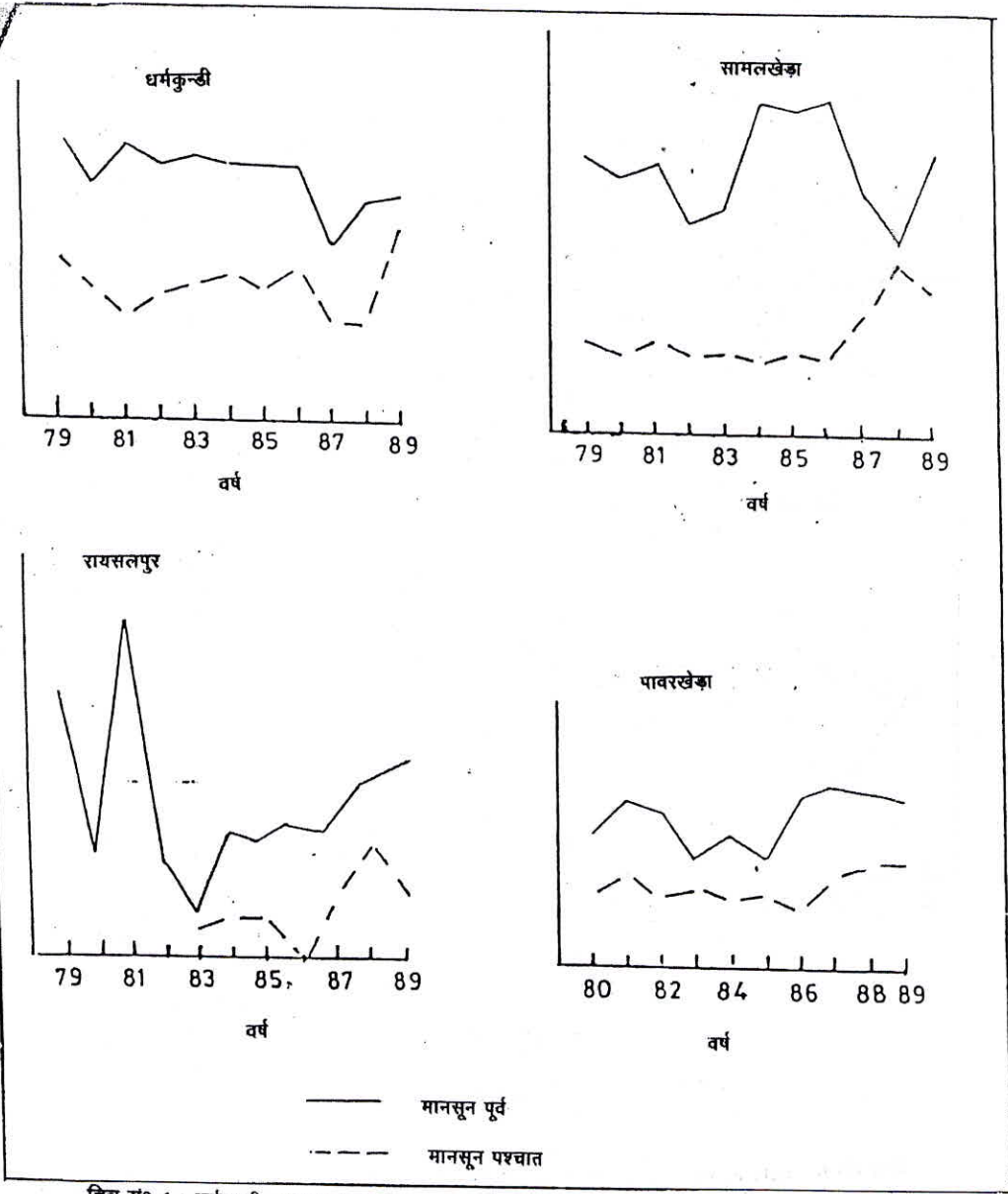
क्षेत्र में प्रेक्षणों के आधार पर जल बंधित क्षेत्र तथा जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्रों को दर्शाते हुए मानचित्रों (चित्र 6 एवं 7) को अन्तिम रूप दिया गया। यह पाया गया कि 15-25 (जल भराव), 15-26



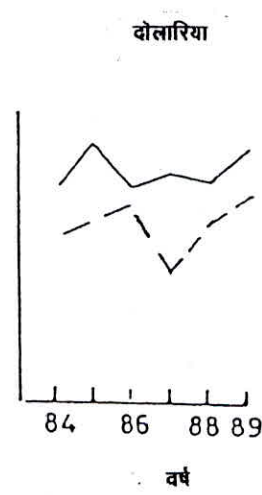
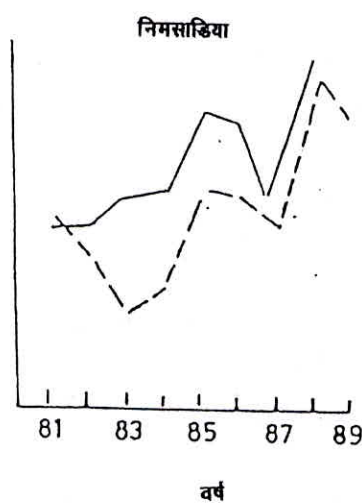
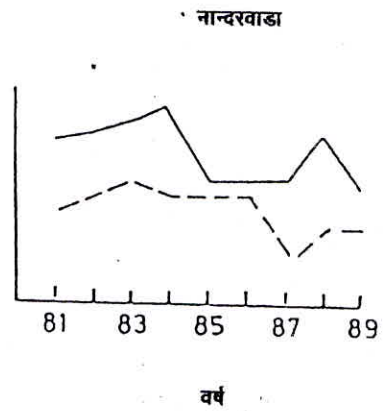
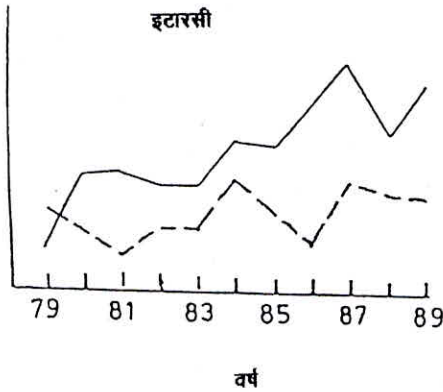
चित्र सं० 2 : तवा सेच्य क्षेत्र का भूमि उपयोग भूमि आवरण मानचित्र



चित्र सं० 3: जल बंदिता क्षेत्र को दर्शाते हुए मानचित्र (20 अक्टूबर, 1988)

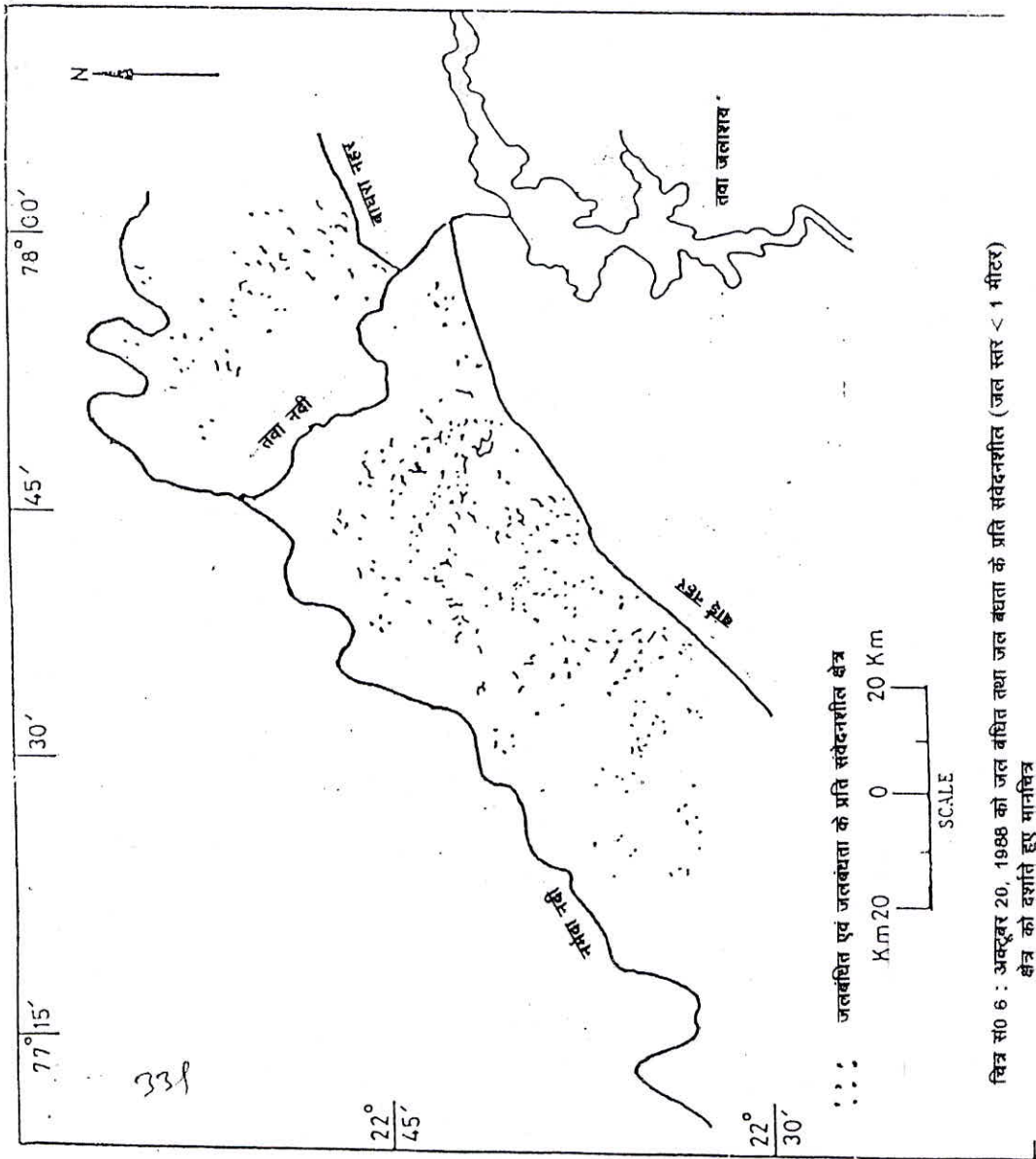


चित्र सं० 4 : धर्मकुन्डी , सामलखेड़ा, रायसलपुर एवं पावरखेड़ा में मानसून से पूर्व एवं पश्चात प्रतिनिधित्व कूपों का भूजल उतार चढ़ाव

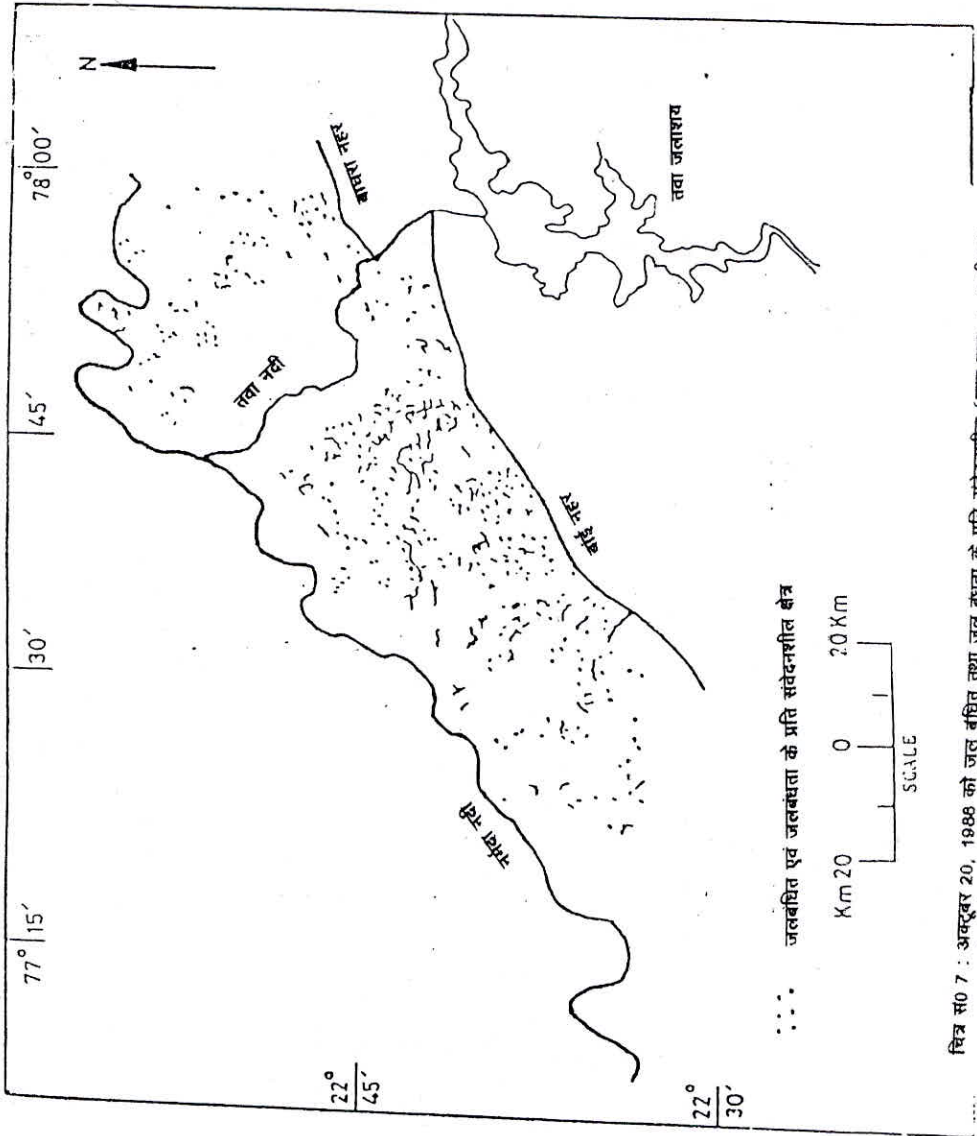


_____ मानसून पूर्व
 - - - - - मानसून पश्चात

चित्र सं0 5 : इटारसी, नान्दरवाडा, निमसाडिया एवं दोलारिया में मानसून से पूर्व एवं पश्चात प्रतिनिधित्व कूपों का भूजल उतार चढ़ाव



चित्र सं 6 : अक्टूबर 20, 1988 को जल बधित तथा जल बधता के प्रति संवेदनशील (जल स्तर < 1 मीटर) क्षेत्र को दर्शाते हुए मानचित्र



चित्र सं 0 7 : अक्टूबर 20, 1988 को जल बधित तथा जल बधता के प्रति संवेदनशील (जल स्तर < 3 मीटर) क्षेत्र को दर्शाते हुए मानचित्र

एवं 15-28 श्रेणी के ग्रे मान, 20 अक्टूबर 1988 ईमेज से प्राप्त रूके हुए जल, जल बंधित क्षेत्र तथा जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्र की व्युत्पत्ति के लिए उपयुक्त है।

इस अध्ययन से प्राप्त परिणाम संकेत करते हैं कि मानसून पश्चात की अवधि अर्थात् अक्टूबर 1988 एवं नवम्बर 1989 के दौरान जल बंधता प्रभावित क्षेत्र क्रमशः लगभग 80 एवं 93 वर्ग किमी था। जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्र, जहां भूजल स्तर 1 से 3 मीटर के बीच था, 20 अक्टूबर 1988 को लगभग 140 वर्ग किमी. था जबकि मई 1988 में यह लगभग 49 वर्ग किमी. था। (सारिणी-2.)

सारिणी-2 तवा सेच्य क्षेत्र में जल बंधित क्षेत्र (रूके हुआ जल) के मान

क्रम सं.	उपग्रह के गुजरने की तिथि	जल बंधित क्षेत्र (वर्ग किमी.)	जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्र (वर्ग किमी.)
1-	19-05-1988	44	निर्धारण नहीं किया गया
2-	20-10-1988	80	140
3-	20-11-1989	93	निर्धारण नहीं किया गया

6.0 निष्कर्ष

अध्ययन दर्शाता है कि सेच्य क्षेत्र में आई.आर.एस.-1ए-लिस-1 इन्फरा लाल बैंड 4 आंकड़ों का उपयोग कर के जल बंधित क्षेत्र एवं जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्र का शीघ्रतापूर्वक विश्वसनीय निर्धारण किया जा सकता है।

जब बंधित क्षेत्र को निरूपित करने के लिए धनता खण्डन एक उपयोगी तकनीक है। टोपोग्राफी (निचले क्षेत्र) मृदा आर्द्रता एवं वनस्पति जैसी क्षेत्रीय सूचनाओं के आधार पर चयन किये गये ग्रे मान श्रेणी जल बंधता के प्रति संवेदनशील क्षेत्रों में पहचान करने में सहायता करते हैं।

इस अध्ययन से प्राप्त परिणाम संकेत करते हैं कि अक्टूबर 1988 में लगभग 80 वर्ग किमी. क्षेत्र जल बंधता ग्रस्त का, जबकि लगभग 140 वर्ग किमी. क्षेत्र जल बंधता के प्रति संवेदनशील था। यह भी निष्कर्ष निकलता है कि सुदूर संवेदी तकनीकों का उपयोग करते हुए नियमित अन्तराल पर जल बंधता का निर्धारण करना चाहिए।

संदर्भ

अग्रवाल सी.एस. (1990) 'लैंड और आंकड़ों का उपयोग करते हुए शारदा सहायक सेच्य क्षेत्र के हिस्से में जल बंधता का प्रबोधन', 'जल बंधता एवं निकासी' पर राष्ट्रीय संगोष्ठी, रूड़की, पृष्ठ 13-18.

वार्षिक प्रगति प्रतिवेदन (1987) जोनल कृषि अनुसंधान स्टेशन (जार्स) पावर खेड़ा, म.प्र.

वार्षिक प्रगति प्रतिवेदन (जार्स) 1989-90 जोनल कृषि अनुसंधान स्टेशन, पावर खेड़ा, म.प्र.

- भाटिया आर.के., सहगल जे.एल. एवं चौधरी टी.एन. (1990), सिंचाई क्षेत्र में जल बंधता, जल बंधता एवं निकासी पर राष्ट्रीय संगोष्ठी, 7-8 दिसम्बर, रूड़की।
- बाऊर एच., डेदरी ए.आर. एवं जेंस डी.बी. (1990), भूजल गुणता संरक्षण, सिंचाई एवं निकासी तंत्र के लिए सिंचाई प्रबन्धन, 4:375-383.
- चितले एम.ए. (1991), जल संसाधन परियोजना में पर्यावरणीय प्रबन्धन-सिंचाई ऊर्जा परियोजना का भारतीय अनुभव, भारतीय जल संसाधन समिति का जर्नल 1 (2): 56-57.
- चौबे वी.के. (1994) सुदूर संवेदी तकनीकों द्वारा आई.एन.जी.पी. भाग-एक में जल बंधता क्षेत्र का निर्धारण, प्रतिवेदन सं. 6 सी.एस./ए.आर., 138 राजविसं., रूड़की।
- काले वी.एस. (1993) तवा सेच्य क्षेत्र में जल बंधता, अप्रकाशित पी.एच.डी. थीसिस, आई.आई.टी., खडगपुर।
- जल संसाधन मंत्रालय (1991), जल बंधता, मृदा लवणता एवं क्षारीयता, नई दिल्ली।
- सिंचाई के लिए राष्ट्रीय आयोग, सिंचाई एवं ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार, नई दिल्ली, 1976.