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

कृष्णा एवं पेनार प्रवहण क्षेत्रों (उप क्षेत्र-3 एच) के लिए बाढ़ आंकलन के सूत्र का विकास

राकेश कुमार[1] राजदेव सिंह[2] पंकज गर्ग[3]

सारांश

अनेकों प्रकार की जल संरचनाओं के अभिकल्पन के लिए विभिन्न पूर्त्यागमन काल की बाढ के आंकलन की आवश्यकता पड़ती है। बाढ़ आंकलन की आधुनिक तकनीकों के विकसित हो जाने के उपरान्त भी, उन क्षेत्रों के लिए जहाँ विस्तृत मात्रा में आंकड़ें उपलब्ध नहीं हैं, अभियन्ताओं द्वारा विशेष रूप से लघु तथा मध्यम संरचनाओं के अभिकल्पन के लिए अनुभविक सूत्रों का प्रयोग किया जाता है। यद्यपि, अधिकतर अनुभविक सूत्र जैसे की डिकेन का सूत्र, रीव का सूत्र, लिली का सूत्र आदि विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने में सक्षम नहीं है।

उन स्थलों के लिए जहाँ पर पर्याप्त मात्रा में वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़े उपलब्ध हैं, विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ के आंकलन के लिए बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि का प्रयोग किया जाता है। जिन स्थलों के लिए वार्षिक शीर्ष के आंकड़े पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध नहीं होते हैं या उपलब्ध ही नहीं होते हैं, उन स्थलों के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ के आंकलन के लिए क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण विधि का प्रयोग किया जाता है।

इस प्रपत्र में कृष्णा एवं पेनार प्रवहण क्षेत्रों (उप क्षेत्र–3 एच) के लिए क्षेत्रीय समरूपता की जाँच यू0एस0जी0एस0 विधि द्वारा की गई है। क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों का विकास करने हेतु 18 जलगृहण क्षेत्रों के लिए उपलब्ध वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़ों का उपयोग किया गया है। इसके लिए प्रायिकता भारित आघूण के सिद्धान्त पर आधारित जनरल एक्ट्रीम वैल्यू (जी0ई0वी0) वितरण प्रणाली का प्रयोग किया गया है। अप्रमाणित जलगृहण क्षेत्रों के लिए औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ का मान आंकलित करने हेतु, उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर, औसत शीर्ष बाढ तथा जलगृहण क्षेत्रफल में सम्बन्ध स्थापित किया है। इस सम्बन्ध का क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों के साथ समन्वय करते हुए, एक क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र का विकास किया गया है। इस सूत्र का उपयोग उपक्षेत्र–3 एच के अप्रमापित जलगृहण क्षेत्रों के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने हेतु सरलतापूर्वक किया जा सकता है।

प्रस्तावना

प्राचीन काल से ही बाढ़ की मात्रा तथा इसके प्रत्यागमन काल का आंकलन करने के लिए विश्वभर के अभियन्तागण प्रयास करते रहे हैं। इसकी आवश्यकता अनेकों प्रकार की जल संरचनाओं जैसे बांध, सेतुओं आदि के अभिकल्पन के लिए पड़ती है। यदि वर्षा या नदी प्रवाह के अभिलेख किसी स्थल के लिए उपलब्ध नहीं हो, तब जलवैज्ञानिकों तथा अभियन्ताओं

1. वैज्ञानिक 'स', राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की–247667
2. वैज्ञानिक 'इ', राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की–247667
3. वरिष्ठ शोध सहायक, राष्ट्रीय जल विज्ञान संस्थान, रूड़की–247667

के लिए विश्वासनीय रूप से बाढ़ का आंकलन करना कठिन होता है। ऐसी परिस्थतियों में उस क्षेत्र के लिए विकसित किये गये बाढ़ सूत्र, विशेष रूप से मध्यम तथा लघु आकार की जल परियोजनाओं के लिए बाढ़ आंकलन में एक महत्वपूर्ण विकल्प की भूमिका का निर्वाह करते हैं।

यद्यपि भारतवर्ष में गत शताब्दी से अनेक बाढ़ आंकलन के सूत्र प्रचलित रहे हैं, परन्तु ये सूत्र अनुभविक प्रकृति के हैं तथा विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने के लिए सक्षम नहीं हैं। इन सूत्रों में शीर्ष बाढ़ एवं जलगृहण क्षेत्र के एक या दो विशिष्ठ गुणों में सम्बन्ध स्थापित किया गया है। उदाहरण के लिए डिकेन का सूत्र निम्नलिखित है।

$$Q = C A^{0.75} \qquad ...(1)$$

Q = शीर्ष निस्सरण (क्यूमेक में)
A = जलग्रहण क्षेत्रफल (वर्ग किमी में)
C = डिकेन का गुणांक, जिसका मान विभिन्न भारतीय क्षेत्रों के लिए निम्नलिखित है।

	क्षेत्र	C का मान
(i)	उत्तर भारतीय मैदानी क्षेत्र	6
(ii)	उत्तर भारतीय पर्वतीय क्षेत्र	11–14
(iii)	मध्य भारतीय क्षेत्र	14–28
(iv)	तटीय आन्ध्र प्रदेश व उड़ीसा	22–28

किसी स्थल के लिए, विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने हेतु, बाढ़ बारम्बारता विश्नलेषण विधि का प्रयोग किया जाता है। कुछ भारतीय क्षेत्रों के तुलनात्मक बाढ़ बारम्बारता अध्ययन के आधार पर प्रायिकता भारित आघूण के सिद्धान्त पर आधारित जनरल एक्सट्रीम (वैल्यूजी0ई0वी0) वितरण प्रणाली, बाढ़ आंकलन की सर्वोत्तम रीति सिद्ध हुई है (रा0ज0सं0, 1994–95)। अतः इस अध्ययन में बाढ़ बारम्बारता वक्रों के विकास के लिए इसी विधि का प्रयोग किया गया है। जी0ई0वी0 वितरण प्रणाली के प्राचलों का प्रायकिता भारित आघूण विधि द्वारा मान निकालने का वर्णन होस्किंग इत्यादि (1985) द्वारा किया गया है, इस वितरण का संचयी घनत्व फलन निम्नलिखित है:–

$$F(z) = e^{-(1-k(\frac{z-u}{\alpha}))^{1/k}} \qquad ...(2)$$

यहाँ, u, α तथा k इस वितरण के स्थापन, परिमाण तथा आकार प्राचल हैं।

अध्ययन क्षेत्र का विवरण

कृष्णा एवं पेनार प्रवहण क्षेत्र (उप क्षेत्र–3 एच) देशान्तर 73°2' पूर्व से 80°25' पूर्व में तथा अक्षांश 13°7' उत्तर से 19°25' उत्तर में स्थित है। इस उप क्षेत्र की जलवायु महाद्वीपिय प्रकार की है। यहाँ पर ग्रीष्म ऋतु में बहुत गर्मी तथा शरद ऋतु में परिमित सर्दी पड़ती है। इस क्षेत्र में 75 प्रतिशत से 80 प्रतिशत औसत वार्षिक वर्षा दक्षिण–पश्चिम मानसून द्वार जून से अक्टूबर के महीनों में होती है। सामान्य वार्षिक वर्षा 600 मि0मी0 से 2000 मि0मी0 तक होती है। इस उप क्षेत्र का कुल क्षेत्रफल 2, 80, 881 वर्ग कि.मी. है।

आंकड़ों की उपलब्धता

इस अध्ययन में कृष्णा एवं पेनार प्रवहण क्षेत्रों (उप क्षेत्र–3 एच) के लिए उपलब्ध 18 सेतुओं के लिए प्रमाणित वार्षिक औसत शीर्ष बाढ़ के आंकड़ों का उपयोग किया गया है (रे0अ0मा0सं0, 1992)। ये आंकड़ें वर्ष 1958 से वर्ष 1991 की

अवधि के हैं। इन आंकड़ों की न्यूनतम अवधि 14 वर्ष तथा अधिकतम अवधि 33 वर्ष है। इन सेतु स्थलों पर प्रमापित जलगृहण क्षेत्रों का क्षेत्रफल 31.72 वर्ग कि0मी0 से 1689.92 वर्ग कि0मी0 है तथा इनकी औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ 28.29 क्यूमेक से 794.83 क्यूमेक तक है। इस उप क्षेत्र के लिए विभिन्न जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल, वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़ों की सांख्यकी तथा उपलब्धता संख्या तालिका–1 में दी गई है।

तालिका – 1 उपक्षेत्र–3 एच के विभिन्न जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल, वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़ों की सांख्यकी तथा उपलब्धता संख्या

क्रम संख्या	सेतु संख्या	जलगृहण क्षेत्रफल (वर्ग किमी)	औसत बाढ़ (क्यूमेक)	सामान्य विचरण (क्यूमेक)	विचरण गुणांक	इस्केवनेस गुणांक	उपलब्धता संख्या (वर्ष)
1	642	326.08	283.47	205.47	.725	1.226	32
2	16	270.60	65.68	51.18	.779	.555	28
3	53(i)	102.45	78.52	64.80	.825	.383	29
4	378/3	79.00	89.77	64.30	.716	.571	22
5	53(ii)	1689.92	794.88	745.45	.938	1.796	26
6	215	167.32	44.31	40.59	.916	1.370	26
7	215 (जी0टी0एल0)	139.08	88.04	66.34	.753	1.085	25
8`	18	131.52	117.76	79.24	.673	1.050	25
9	322	31.72	50.92	27.72	.544	1.072	25
10	480/3	118.23	92.24	97.61	1.058	1.484	17
11	179	251.17	157.91	85.96	.544	1.776	22
12	449/3	230.87	177.56	279.73	1.575	2.304	16
13	601	398.60	280.24	245.29	.875	1.091	17
14	313	220.45	443.17	331.75	.749	1.357	18
15	66	70.84	28.29	33.06	1.168	1.221	17
16	98	348.40	125.36	121.17	.967	1.128	14
17	123	64.75	111.48	66.81	.599	.512	33
18	63	1357.15	403.37	262.96	.652	.511	19

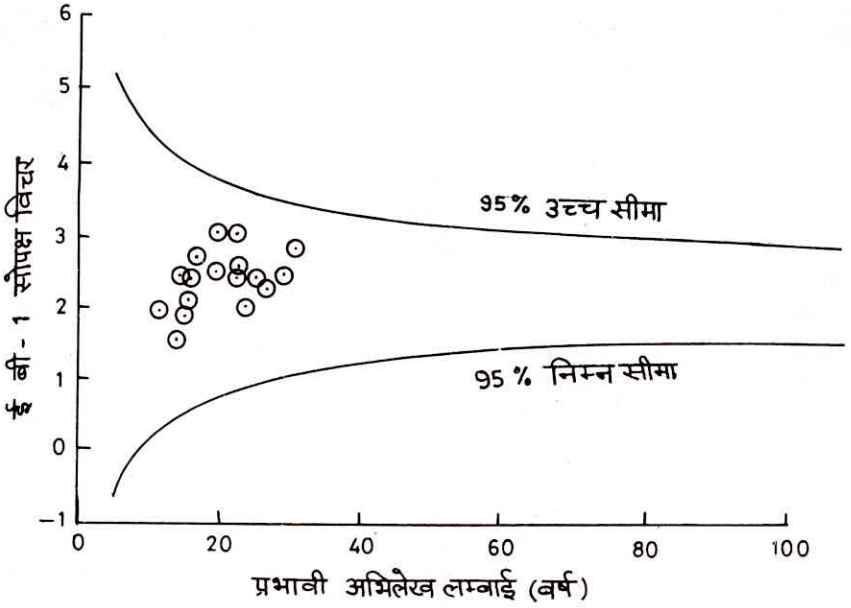
विश्लेषण एवं परिणाम

इस अध्ययन के विश्लेषण तथा परिणामों का संक्षिप्त वर्णन निम्नलिखित है।

क्षेत्रीय बारम्बारता वक्रों का विकास

उप क्षेत्र–3 एच के लिए क्षेत्रीय समरूपता की जाँच यू0एस0जी0एस0 विधि द्वारा की गई है। समरूपता जाँच का वक्र चित्र–1 में दिया गया है। चित्र से प्रतीत होता है कि सभी 18 जलगृहण क्षेत्रों के आंकड़े समरूप हैं।

क्षेत्रीय बारम्बारता वक्रों के विकास के लिए 18 सेतुओं के लिए उपलब्ध आंकड़ों में से 16 सेतुओं के वार्षिक शीर्ष बाढ़ के आंकड़ों को एकत्रित रूप से स्थल–वर्ष आंकड़ों के रूप में वार्षिक शीर्ष बाढ़ के मानक मान अर्थात X/X का प्रयोग किया गया है। यहाँ पर X किसी सेतु प्रमापी स्थल के लिए किसी एक वर्ष की वार्षिक शीर्ष बाढ़ है एवं X उसी सेतु प्रमापी



चित्र 1. उपक्षेत्र - 3 रूच के लिए समरूपता जाँच का वर्क

स्थल के लिए विभिन्न वर्षो की उपलब्ध सभी वार्षिक शीर्ष बाढ़ का औसत मान है। जिन दो जलगृहण क्षेत्रों के आंकड़े बाढ़ बारम्बारता वक्रों के विकास में प्रयोग नहीं किये गये हैं, इनमें से एक क्षेत्रफल में से सबसे बड़े से छोटा तथा दूसरा सबसे छोटे से बड़ा जलग्रहण क्षेत्र है। इन दोनों जलगृहण क्षेत्रों को अप्रमापित एवं प्रमापित जलगृहण क्षेत्र माना गया है, तथा इस अध्ययन में विकसित क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र के द्वारा इन्हें अप्रमापित मानते हुए तथा क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता वक्रों के द्वारा इन्हें प्रमापित मानते हुए, विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ों का तुलनात्मक अध्ययन किया गया है। इस उप क्षेत्र के लिए प्रायिकता भारित आघूर्ण विधि पर आधारित जी0ई0वी0 वितरण के क्षेत्रीय प्राचलों के निकाले गये मान निम्नलिखित हैं।

$$K = -.0.133,\ u = 0.594 \quad \text{तथा} \quad \alpha = 0.559$$

क्षेत्रीय बारम्बारता वक्र के लिए विकसित किया गया सम्बन्ध निम्नलिखित है।

$$\frac{X_T}{X} = 0.594 - 4.20\ [1-\{-\ln(1-1/T)\}^{-1.33}] \qquad ...(3)$$

X_T, T – वर्ष के प्रत्यागमन काल की बाढ़ है। क्षेत्रीय बारम्बारता वक्रों एवं जलगृहण क्षेत्रों के प्रमापी स्थलों की औसत वार्षिक बाढ़ का प्रयोग करते हुए विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ आंकलन तालिका–2 में दिया गया है।

तालिका 2 क्षेत्रीय बारम्बारता वक्रों एवं जलगृहण क्षेत्रों के प्रमापी स्थलों की औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ का प्रयोग करते हुए विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए बाढ़ आंकलन (क्यूमेक)

क्रम संख्या	सेतु संख्या	विभिन्न प्रत्यागमन काल (वर्ष)							
		2	10	20	50	100	200	500	1000
1	642	328	584	745	978	1172	1385	1697	1959
2	16	53	135	173	227	272	321	393	454
3	53(i)	63	162	206	271	325	384	470	543
4	378/3	72	185	236	310	371	439	537	620
5	53(ii)	639	1637	2089	2742	3287	3883	4758	5493
6	215	36	91	116	153	183	216	265	306
7	215 (जी0टी0एल0)	71	181	231	304	364	430	527	608
8	18	95	242	309	406	487	575	705	814
9	322	41	105	134	176	211	249	305	352
10	480/3	74	190	242	318	381	451	552	637
11	179	127	325	415	545	653	771	945	1091
12	449/3	143	366	467	613	734	867	1063	1227
13	601	225	577	736	967	1159	1369	1677	1937
14	313	356	913	1165	1529	1833	2165	2652	3062
15	66	23	58	74	98	117	138	169	196
16	98	101	258	329	432	518	612	750	866
17	123	90	230	293	385	461	545	667	770
18	63	324	831	1060	1391	1668	1970	2414	2787

औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ तथा जलगृहण क्षेत्रफल में सम्बन्ध का विकास

अप्रमापित जलगृहण क्षेत्रों के लिए क्षेत्रीय औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ का मान निकलने के लिए, उप क्षेत्र–3 एच के प्रमापित जलगृहण क्षेत्रों की औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ एवं उनके क्षेत्रफल में स्थापित किया गया सम्बन्ध निम्नलिखित है।

$$x = 2.248\ A^{0.77} \qquad ...(4)$$

क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र का विकास

उप क्षेत्र–3 एच के लिए क्षेत्रीय बारम्बारता वक्रों एवं औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ तथा जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफल के लिए विकसित सम्बन्ध के समन्वय से विकसित किया गया क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र निम्नलिखित है।

$$X_T = [9.45\{-\ln(1- 1/T)\}^{-0.133} - 8.11]A^{0.77} \qquad ...(5)$$

किसी भी जलगृहण क्षेत्र के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का इस सूत्र द्वारा निकाला गया मान तथा क्षेत्रीय बारम्बारता वक्रों एवं प्रमापित स्थल पर उपलब्ध वार्षिक शीर्ष बाढ़ द्वारा निकाला गया बाढ़ का मान, उस स्थल के क्षेत्रीय औसत शीर्ष बाढ़ के मान (समीकरण 4) तथा प्रमापित औसत शीर्ष बाढ़ के मान के अनुपात में होगा। विश्लेषण में असम्मलित दो जलगृहण क्षेत्रों (सेतु संख्या 123 तथा सेतु संख्या 63) के लिए क्षेत्रीय औसत बाढ़ तथा प्रमापित औसत बाढ़ का अनुपात क्रमशः 0.50 तथा 1.44 है।

इस क्षेत्रीय सूत्र को डिकेन के सूत्र के रूप में व्यक्त करते हुए, डिकेन के गुणाँक के विभिन्न प्रत्यागमन काल के मान निकाले गये हैं। उप क्षेत्र–3एच के 18 जलगृहण क्षेत्रों के क्षेत्रफलों एवं 2, 10, 20, 50, 100, 200, 500 तथा 1000 वर्षो के प्रत्यागमन काल के लिए डिकेन के गुणांकों के मान तालिका–3 में दिये गये हैं। तालिका–3 से ज्ञात होता है कि 50 से 200 वर्षो के प्रत्यागमन काल के लिए क्षेत्र–3एच के विभिन्न जलगृहण क्षेत्रों के लिए डिकेन के गुणांक का मान 8.3 से 12.8 तक है।

निष्कर्ष

इस अध्ययन के आधार पर निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं।

(i) प्रचलित अनुभविक सूत्र वान्छित प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने में सक्षम नहीं है, परन्तु इस अध्ययन में विकसित किया गया क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

(ii) उप क्षेत्र–3 एच के लघु एवं मध्यम आकार के प्रमापित जलगृहण क्षेत्रों के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल की बाढ़ का आंकलन करने हेतु विकसित किया गया क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता सम्बन्ध तथा प्रमापित जलगृहण क्षेत्र के लिए उपलब्ध औसत वार्षिक बाढ़ का प्रयोग किया जा सकता है, एवं अप्रमापित जलगृहण क्षेत्रों के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र का प्रयोग किया जा सकता है।

(iii) औसत वार्षिक शीर्ष बाढ़ तथा जलगृहण क्षेत्रफल में विकसित किया गया सम्बन्ध जलगृहण क्षेत्रफल के अतिरिक्त जलगृहण क्षेत्रों तथा जलवायु के अन्य गुणों का प्रयोग करने से और अधिक उपयुक्त रूप से स्थापित किया जा सकता है।

(iv) देश के अन्य क्षेत्रों के लिए भी इस प्रकार के क्षेत्रीय बाढ़ सूत्रों का विकास किया जाना चाहिए, जिससे कि प्रचलित अनुभविक सूत्रों जैसे कि डिकेन, रींवं इत्यादि के प्रयोग को हतोत्साहित किया जा सके, एवं बाढ़ आंकलन अत्याधिक यर्थात्पूर्ण विधि द्वारा किया जा सके।

तालिका 3 - उप क्षेत्र–3 एच के लिए विभिन्न प्रत्यागमन काल के लिए संशोधित डिकन के गुणाँक

क्रम संख्या	जलगृहण क्षेत्रफल (वर्ग कि0मी0)	प्रत्यागमन काल (वर्ष)							
		2	10	20	50	100	200	500	1000
1	32	1.9	5.0	6.3	8.3	10.0	11.8	14.4	16.7
2	65	2.0	5.0	6.4	8.4	10.1	12.0	14.6	16.9
3	71	2.0	5.0	6.4	8.5	10.1	12.0	14.7	16.9
4	79	2.0	5.1	6.5	8.5	10.2	12.0	14.7	17.0
5	102	2.0	5.1	6.5	8.5	10.2	12.1	14.8	17.1
6	118	2.0	5.1	6.5	8.5	10.2	12.1	14.8	17.1
7	132	2.0	5.1	6.5	8.6	10.3	12.1	14.9	17.2
8	139	2.0	5.1	6.5	8.6	10.3	12.1	14.9	17.2
9	167	2.0	5.1	6.5	8.6	10.3	12.2	14.9	17.2
10	220	2.0	5.2	6.6	8.6	10.4	12.2	15.0	17.3
11	231	2.0	5.2	6.6	8.7	10.4	12.3	15.0	17.4
12	251	2.0	5.2	6.6	8.7	10.4	12.3	15.1	17.4
13	271	2.0	5.2	6.6	8.7	10.4	12.3	15.1	17.4
14	326	2.0	5.2	6.6	8.7	10.4	12.3	15.1	17.5
15	348	2.0	5.2	6.6	8.7	10.5	12.4	15.2	17.5
16	399	2.0	5.2	6.7	8.8	10.5	12.4	15.2	17.5
17	1357	2.1	5.4	6.8	9.0	10.8	12.7	15.6	18.0
18	1690	2.1	5.4	6.9	9.0	10.8	12.8	15.6	18.1

सन्दर्भ

1. रे0अ0मा0सं0 (1992), "बाढ़ बारम्बारता विधि द्वारा उप क्षेत्रो 3 एफ एवं 3 एच के लिए अभिकल्प निस्सरण का आंकलन", सेतु एवं बाढ़ विंग, आ0बी0एफ–25, लखनऊ।

2. रा0ज0सं0 (1994–95), "महानदी उप क्षेत्र–3 डी के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र का विकास", तकनीकी प्रतिवेदन, रूड़की।

3. रा0ज0सं0 (1994–95), "ऊपरी नर्मदा तथा तपी उप क्षेत्र–3 सी के लिए क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण" तकनीकी प्रतिवेदन, रूड़की।

4. होस्किंग, जे0आर0एम0; वालिस, जे0आर0 तथा वुड, ई0एफ0 (1985), "जनरलाइज्ड एक्ट्रीम वैल्यू वितरण का प्रायकिता भारित आघूण विधि द्वारा आकलन", टैनोमैट्रिक्स, 27(3), 251–261.