

जल विज्ञान एवं जल संसाधन
पर

प्रथम राष्ट्रीय जल संगोष्ठी



राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान

जलविज्ञान भवन, रुड़की- 247667 (उत्तराखण्ड)

फोन:- 01332-272106, फैक्स:- 01332-272123,

Email: nihmail@nih.ernet.in, Web: www.nih.ernet.in

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

राकेश कुमार¹

राजदेव सिंह²

पंकज गर्ग³

सारांश

अनेकों प्रकार की जल संरचनाओं के अभिकल्पन के लिए विभिन्न पूर्त्यागमन काल की बाढ़ 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 आंकड़े 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 यूओएस0जी0एस0 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 आघूर्ण 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 बाढ़ 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 अप्रमाणित 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 परिस्थितियों 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 जलग्रहण क्षेत्र के एक या दो विशिष्ट गुणों में सम्बन्ध स्थापित किया गया है। उदाहरण के लिए डिकेन का सूत्र निम्नलिखित है।

$$Q = C A^{0.75} \quad \dots(1)$$

- 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 विश्लेषण 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 प्रायिकता भारित आघूण विधि द्वारा मान निकालने का वर्णन होस्किंग इत्यादि (1985) द्वारा किया गया है, इस वितरण का संचयी घनत्व फलन निम्नलिखित है:-

$$F(z) = e^{-\left(1-k\left(\frac{z-u}{\alpha}\right)\right)^{1/k}} \quad \dots(2)$$

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 द्वारा 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 आंकड़े 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 प्रमाणित जलगृहण क्षेत्रों का क्षेत्रफल 31.72 वर्ग कि०मी० से 1689.92 वर्ग कि०मी० 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 सांख्यिकी 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 सांख्यिकी 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 | 139.08 | 88.04 | 66.34 | .753 | 1.085 | 25 |
| (जी०टी०एल०) | | | | | | | |
| 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 |

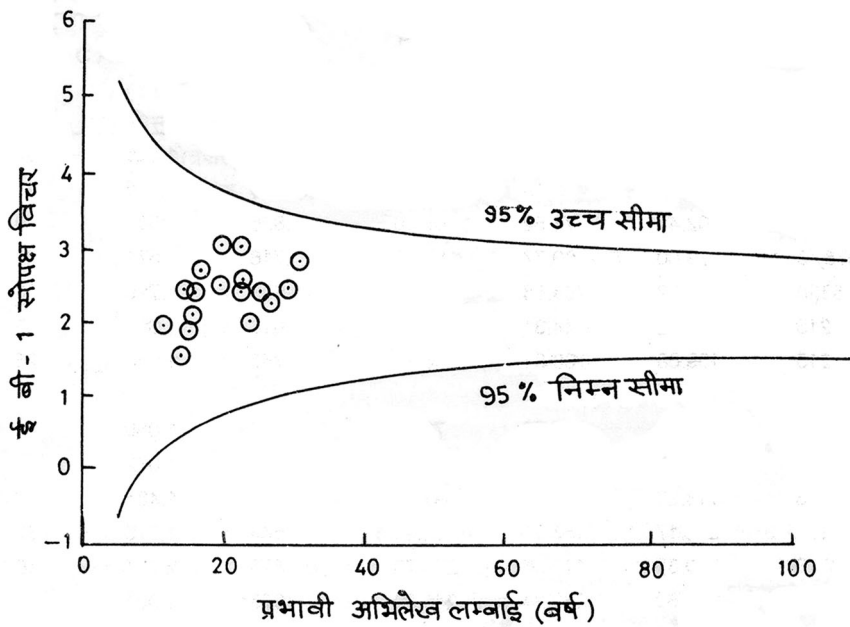
विश्लेषण एवं परिणाम

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 यू०एस०जी०एस० 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 अर्थात् 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 सच के लिए समरूपता जाँच का वर्क

स्थल के लिए विभिन्न वर्षों 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 जलगृहण 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 भारत आघूर्ण विधि पर आधारित जी0ई0वी0 वितरण के क्षेत्रीय प्राचलों के निकाले गये मान निम्नलिखित हैं।

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

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

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

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 | 71 | 181 | 231 | 304 | 364 | 430 | 527 | 608 |
| (जी0टी0एल0) | | | | | | | | | |
| 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 निकालने 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।

$$x = 2.248 A^{0.77} \quad \dots(4)$$

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।

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

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 गुणांक 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 वर्षों 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 वर्षों 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 वांछित 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, रींव इत्यादि के प्रयोग को हतोत्साहित किया जा सके, एवं बाढ़ आंकलन अत्याधिक यथार्थपूर्ण विधि द्वारा किया जा सके।

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

| क्रम संख्या | जलगृहण क्षेत्रफल (वर्ग कि०मी०) | 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. रे०आ०मा०सं० (1992), "बाढ़ बारम्बारता विधि द्वारा उप क्षेत्रो 3 एफ एवं 3 एच के लिए अभिकल्प निस्सरण का आंकलन", सेतु एवं बाढ़ विंग, आ०बी०एफ-25, लखनऊ।
2. रा०ज०सं० (1994-95), "महानदी उप क्षेत्र-3 डी के लिए क्षेत्रीय बाढ़ सूत्र का विकास", तकनीकी प्रतिवेदन, रूड़की।
3. रा०ज०सं० (1994-95), "ऊपरी नर्मदा तथा तपी उप क्षेत्र-3 सी के लिए क्षेत्रीय बाढ़ बारम्बारता विश्लेषण" तकनीकी प्रतिवेदन, रूड़की।
4. होस्किंग, जे०आर०एम०; वालिस, जे०आर० तथा बुड, ई०एफ० (1985), "जनरलाइज्ड एक्स्ट्रीम वैल्यू वितरण का प्रायकिता भारित आघूण विधि द्वारा आकलन", टैनोमैट्रिक्स, 27(3), 251-261.