चतुर्थ राष्ट्रीय जल संगोष्ठी

2011

जल संसाधनों के प्रबंधन में नवीनतम तकनीकों का प्रयोग

16–17 दिसम्बर, 2011

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
जलविज्ञान भवन
रूडकी–247667 (उत्तराखंड)

स्वैट मॉडल के शोध कार्यो में प्रयोग पर एक तुलनात्मक समीक्षा

अजीत सिंह छाबड़ा[1] डा. अनिल कुमार लोहानी[2] संदीप शुक्ला[3]
प्रोजेक्ट स्टाफ वैज्ञा. ई 2 प्रोजेक्ट स्टाफ

[1]राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की

सारांश

कृषि एवं अन्य शोध कार्यो में मृदा एवं जल मूल्यांकन टूल (SWAT) का प्रयोग लगभग तीस वर्षों से अधिक समय से विभिन्न देशों में हो रहा है। मृदा एवम जल मूल्यांकन टूल बहुविषयीय जल विभाजक मॉडलिंग टूल के रूप में अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर स्वीकार कर लिया गया है तथा इसकी प्रमाणिकता विभिन्न स्वैट संगोष्ठियों, सौ से ज्यादा मृदा एवं जल मूल्याकंन टूल से सम्बन्धित लेख एवं दर्जनों प्रख्यात पत्रों में प्रकाशित लेखों से सिद्ध होती है। यह मॉडल अमेरिका पर्यावरण संरक्षक शाखा द्वारा स्वीकार किया जा चुका है तथा अमेरिका के कई संघीय एवं राजकीय शाखाओं द्वारा इस्तेमाल भी किया जा रहा है। SWAT मॉडल पर 250 से ज्यादा प्रख्यात लेख प्रकाशित हो चुके हैं, जो कि मृदा एवं जल मूल्यांकन टूल के उपयोग के बारे में विवरण देते है। हमारे देश में भी पिछले कुछ वर्षो से स्वैट मॉडल का उपयोग प्रारम्भ हुआ है तथा इसके द्वारा विभिन्न जल विभाजक क्षेत्रों की मॉडलिंग के सफल प्रयास किये गये हैं।

इस लेख में उनके बारे में भी चर्चा की गयी है। इस प्रपत्र में कुछ तकनीकी लेखों जिनमें SWAT का प्रयोग भारत में किया गया है उनके सबंधित क्षेत्रों तथा निष्कर्षो के अनुसार वर्गीकरण कर उन पर संक्षिप्त में चर्चा की गयी है। इसके अलावा इस प्रपत्र में धारा प्रवाह अंशशोधन, जलवायु परिर्वतन का जलविज्ञान पर प्रभाव का आंकलन और अति संवेदनशीलता विश्लेषण एवं अंशशोधन विधि, प्रस्तुत मॉडल की खूबी एवं खामियां तथा स्वैट मॉडल से संबधित अपेक्षित अनुसंधानों की अनुशंसा की गयी है।

प्रस्तावना

स्वैट मॉडल अमेरिका कृषि अनुसंधान विभाग द्वारा विकसित किया गया है (आरनोल्ड एट ऑल, 2005), यह प्रतिदिन के जलीय चक्र के भू चरण का अनुकरण करने योग्य है। मॉडल के नित्यक्रम में जल विभाजक से अवसाद के विच्देछ तथा उसके निकास के प्रंबधन का अनुकरण कार्य प्रणाली के संबध मे संकलित भी किया जा सकता है। इस मॉडल की मुख्य विशेषता यह है कि अन्य परम्परागत वैचारिक अनुकरण मॉडल्स की तरह इसमे बहुत अधिक अंशशोधन की आवश्यकता नहीं है तथा यह अमापित जल विभाजको मे भी प्रयोग किया जा सकता है। यह मॉडल मौजूदा तथा पूर्वानूमानित पानी के इस्तेमाल तथा पानी के आभाव के आंकलन के लिये भी इस्तेमाल किया जा सकता है। यह मॉडल मौजूदा पानी की सम्पूर्ण मात्रा का लेखांकन उपलब्ध कराता है, जिसमे अवक्षेण द्वारा भूमि को पानी उपलब्धता, सरफेज रनऑफ के रूप में नदी मे जाने वाला पानी प्राकृतिक वनस्पति द्वारा इस्तेमाल तथा वायुमण्डल मे वापिस जाने वाला जल, कृषिक उपज, वाष्पीकरण, जड़ द्वारा जल का रिसना सम्मिलित है।

स्वैट के अविष्कार का इतिहास तथा विवरण

स्वैट का विकास अमेरिका कृषि अनुसंधान विभाग की निरंतर चलने वाली प्रकिया है। स्वैट की प्रांरम्भिक उत्पत्ति पहले से विकसित यू. एस. डी., ए. आर. एस मॉडलस कैमिकल्स रनऑफ ईरोजन फ्रॉम एग्रीकल्चरल मैनेजमेंट सिस्टम (CREAMS) मॉडल (नाईसेल एट ऑल., 1980) ग्राउंड वाटर ईफैक्टस ऑन एग्रीकल्चर मैनेजमेंट सिस्टम (GLEAMS) मॉडल (लियोनार्ड एट ऑल., 1987) तथा इनवायरमेन्ट इम्पैक्ट पॉलिसी क्लाईमेट (EPIC) मॉडल (गेस्मेन एट ऑल, 2005) द्वारा हुई है। वर्तमान स्वैट मॉडल, सिमुलेटर फॉर वाटर रिर्सोसेज इन रूरल बैसिस (SWRRB) मॉडल का प्रत्यक्ष संतति है। (विलियम्स एट ऑल, 1985, आरनोल्ड तथा विलियम्स, 1987) जिसका निर्माण अमेरिका के अमापित जलाशयों पर प्रबंधन के प्रभाव का अनुकरण करने के लिये किया गया था। मॉडल की विशेषताओं में अधिकतम रनऑफ रेट तकनीक, संचारण मे नुकसान की गणना तथा विभिन्न नये संघटक जोडे गये हैं जैसे कि ग्राउंड वॉटर रिर्टन फ्लो (आर्नोल्ड एण्ड एलेन, 1992), रिजरवॉयर स्टोरेज, एपिक क्रॉप ग्रोथ मॉडल, वैदर जनरेशन तथा सेडीमेंट ट्रांसपोर्ट आदि सम्मिलित हैं। इसके अतिरिक्त SWRRB मृदा

मॉडल, पेस्टीसाइड फेट संघटक का निगमीकरण, अधिकतम रनऑफ रेट के आंकलन के लिये वैकल्पिक अमेरिका मृदा संरक्षण जाँच तकनीक (SCS) तथा अवसाद के समीकरण आदि सम्मिलित हैं। यह रूपांत्रण अनेक प्रकार के जल विभाजक एवं जल की गुणवत्ता प्रबंधन मे होने वाली परेशानियो के उपाय के लिए मॉडल की क्षमता मे विस्तार होता रहा है।

स्वैट का रूपांत्रण (एडेपटेशन)

उल्लेखनीय उदाहरण मे विस्तारित स्वैट (ESWAT) मॉडल, मृदा एवं जल एकीकृत मॉडल (SWIM) स्वैट–जी तथा स्वैट मॉड सम्मिलित हैं। ई स्वैट मॉडल मे कई विशेषतायें प्रारम्भिक स्वैट से सम्बन्धित है जिसमे कि (1) प्रति घन्टा अवक्षेपण का निवेश तथा रन ऑफ, तथा भू–क्षरण हानि का आकलन किया जा सकता है। (2) रिवर राउटिंग मॉडयूल जो कि जल की गुणवत्ता संघटक के अन्तरापृष्ठ से जुड़ा है (ब्राउन तथा वार्न बैल, 1987) तथा (3) बहु उद्देश्य अशंशोधन तथा ऑटो अंशशोधन करने की बेहतर प्रणाली (लेनहार्ट एट ऑल, 2005) तथा CO_2 का पत्तियों पर प्रभाव की विस्तृत लेखा प्रणाली (एकहार्ड तथा अलब्रिच, 2003) सम्मिलित है। स्विम मॉडल का जलीय संघटक मुख्य रूप से स्वैट पर तथा पुष्टिकारक चक्र संघटक मटसलू मॉडल (क्राईसनोवा एट ऑल, 1998, 2005) पर आधारित है तथा यह मेसोस्केल (100–100,000किमी^{2}) पर वाटरशेड की अनुरूपता के लिये रूपांकित किया गया है। हाल ही मे इस मॉडल के सुधार करके भूतलीय जल गतिकी के निगमीकरण के लिये मॉडल (हैटरमेन एट ऑल, 2004) जंगल प्रबंध की अनुरूपता के लिये परिष्कृत क्षमता आदि विशेषतायें डाली गयी है।

स्वैट मॉडल ला जलविज्ञानीय अध्ययन में अनुप्रयोग

स्वैट मॉडल का जलविज्ञानीय अध्ययन में कई वैज्ञानिको ने विभिन्न क्षेत्रो में प्रयोग किया है तथा पाया है कि यह मॉडल जल विभाजक के नियोजन के रनऑफ, अवसाद उत्पादन की अनुरूपता के लिये इस्तेमाल किया जा सकता है तथा उप जल विभाजक के नियोजन तथा प्रबंधन के लिये भी इस्तेमाल किया जा सकता है। कुछ वैज्ञानिको द्वारा किये गये अध्ययन का नीचे दी गयी तालिका में विस्तार से वर्णन किया गया हैं

तालिका–1–स्वैट मॉडल का जलविज्ञानीय अध्ययन मे अनुप्रयोग से सम्बन्धित लेखो का संक्षिप्त विवरण

संलेखक	शीर्षक	अध्ययन का क्षेत्र	पत्रिका	वर्ष	निष्कर्ष
रविन्द्र कौर, आर. श्री निवासन, कमल मिश्रा, डी. दत्ता, दुर्गा प्रसाद तथा गगन बंसल	एसेस्मेन्ट ऑफ ऐ स्वैट मॉडल फॉर सॉयल एण्ड वाटर मैनेजमेंट इन इण्डिया	नगवान उप कैचमेंट झारखंड राज्य के हजारीबाग जिले मे, सेवानी नदी के ऊपरी भाग मे दामोदर बार्कर जलाश्य के बीच मे स्थित है।	लैण्ड यूज एण्ड वाटर रिर्सोसेज रिसर्च	2003	प्रस्तुत अनुसंधान प्रस्तावित एस.डी.एस. एस. की नागवान केचमेन्ट मे जल तथा अवसाद उत्पादन पर चल रही कार्य प्रणाली पर होने वाले प्रभाव का आंकलन करने की सामर्थयता को प्रदर्शित करता है।
एम. पी. त्रिपाठी, आर. के. पैण्डा, तथा एन. एस. रघुवंशी	आइडेन्टीफिकेशन तथा प्राइऑरटीराईजेशन ऑफ क्रिटिकल सब वाटरशेड फॉर सॉयल कनजर्वेशन मैनेजमेंट यूजिंग दी स्वैट मॉडल	चुनिंदा नागवान उप कैचमेंट झारखंड राज्य के हजारीबाग जिले मे, सेवानी नदी के ऊपरी भाग मे दामोदर बार्कर जलाशय के बीच मे स्थित है।	बायो सिस्टम इंजिनियरिंग	2003	यह अध्ययन पक्का करता है कि स्वैट मॉडल छोटे जल विभाजक से प्रतिदिन तथा प्रतिमाह के रनऑफ, अवसाद उत्पादन तथा पोषक तत्त्वो के नुकसान की अनुरूपता के लिये इस्तेमाल किया जा सकता है।
एम. पी. त्रिपाठी, आर.	हाईड्रोलोजिकल मॉडलिंग ऑफ ऐ	चुनिंदा नागवान उप कैचमेंट झारखंड	हाईड्रोलोजिकल प्रोसेज	2004	प्रस्तुत अनुसंधान निम्नलिखित बिन्दुओं

के. पैण्डा, तथा एन. एस. रघुवंशी तथा आर. बिष्ट	स्माल वाटरशेड यूजिंग दी जरेटेड रेंनफॉल इन दी सॉयल एण्ड वाटर एसेस्मेन्ट टूल मॉडल	राज्य के हजारीबाग जिले मे, सेवानी नदी के ऊपरी भाग मे दामोदर बार्कर जलाशय के बीच मे स्थित है।			को प्रदर्शित करता है। 1. स्वैट मॉडल फास्ट ऑर्डर मार्कव चैन मॉडल का प्रयोग करके प्रतिमाह औसतन वर्षा का अंकलन कर सकता है। 2. यह मॉडल उत्पन की गई वर्षा का इस्तेमाल करके मानसून अवधि के लिये रनऑफ तथा इवसाद उत्पादन का प्रतिमाह की औसत का पूर्वानुमान कर सकता है। 3. यह मॉडल छोटे जल विभाजक के समीक्षात्मक उप जलविभाजक के नियोजक तथा प्रबंधन के लिये इस्तेमाल किया जा सकता है।
एम. पी. त्रिपाठी, आर. के. पैण्डा, तथा एन. एस. रघुवंशी	डेवलपमेंट ऑफ इफैक्टिव मैनेजेंट प्लान फॉर क्रिटिकल सब वाटरशेड यूजिंग स्वैट मॉडल	नगवान जल विभाजक पूर्वीय भारत के हजारीबाग जिले मे दामोदर घाटी के ऊपरी भाग में स्थित है।	हाईड्रोलोजिक प्रोसेज	2005	यह अध्ययन पक्का करता है कि 1. स्वैट मॉडल विशेष रूप से छोटे जल विभाजक से प्रतिदिन तथा प्रतिमाह के रनऑफ, अवसाद उत्पादन तथा पोषक तत्त्वों के नुकसान की अनुरूपता के लिये सही ढ़ग से इस्तमोल किया जा सकता है। 2. मक्का, मूँगफली, सोयाबीन जैसी फसले अवसाद तथा पोषक तत्त्वों के नुकसान के घटाव के मानदण्डों के आधार पर वर्तमान धान की जगह नही ले सकती है।
वी. के. पान्डे, एस. एन. पैण्डा, एन. एस. रघुवंशी तथा एस. सुधाकर	डेलीनेशन एण्ड परैमिटराईजेसन ऑफ बानीकदिह वाटरशेड यूजिंग रिमोट सेसिंग एण्ड एवीस्वैट मॉडल	बनीकदह जल विभाजक भारत के पूर्वीय मे झारखण्ड राज्य के बोकारो जिले तथा पश्चिमी बंगाल के पूरलिया जिले मे पड़ता है। यह 86 16′ एवं 86 19′ ई लॉगीट्यूड तथा 23 24′ एवं	जर्नल ऑफ दी इण्डियन सोसाइटी ऑफ रिमोट सेसिंग	2006	उपस्थित अध्ययन में ए. वी. स्वैट, जी आई एस पर आधारित अन्रापृष्ठ मॉडल है जिसे कि दूर संचार संवेदन तकनीक का संयोजन मैरामिटराईजैशन तथा जलविभाजक को रेंखाकित करने के

		23 30′ एन लेटीट्यूड के बीच स्थित है।			लिए सफलता पूर्वक किया गया है।

संवेदनशीलता, अशंशोधन तथा अनिश्चित्ता विश्लेषण

संवेदनशीलता तथा अशंशोधन स्वैट मॉडल के महत्त्वपूर्ण पहलू हैं। अशंशोधन के समय स्वैट निवेश मापदण्ड प्राकृतिक नियम पर आधारित है। संवेदनशीलता विश्लेषण तथा अंशशोधन तकनीक साधारणतया हस्तचालित अथवा स्वचालित विधि को उल्लेखित करती है तथा विस्तृत चित्रात्मक तथा सांख्यकीय कार्यविधि द्वारा आंकलित किये जा सकते हैं। शिरमोहम्मदी एट ऑल (2006) द्वारा अस्थिरता को परिभाषित किया गया है, अनुमानित फलगणना जिसमे से परिकलित परिमाण को वास्तविक परिमाण से अलग कर दिया जाता है। उन्होंने गहराई से अस्थिरता के स्त्रोत का वर्णन किया तथा मॉडल की कलनविधि को सूचीबद्ध किया, मॉडल अंशशोधन, प्रमाणीकरण डेटा, निवेश की भिन्नता तथा अस्थिरता के मुख्य स्त्रोतो को मापित किया। विभिन्न शोधो के द्वारा स्वैट मॉडल की संवेदन अंशशोधन एवं अनिश्चित विश्लेषण पर अनेको कार्य कर स्वैट मॉडल की क्षमता का अगल–अलग जलविज्ञानीय क्षेत्रो मे विश्लेषण किया गया है।

स्प्रूईल एट ऑफ (2000) ने केनटुकी मे 5.5 कि.मी. 2 के जल विभाजक के लिये 15 स्वैट निवेश मापदण्डो का हस्तचालित संवेदनशीलता/अंशशोधन विश्लेषण प्रदर्शित किया जो कि संतृप्त हाईड्रोलोजिक चालकता, ऐल्फा पर आधारित प्रवाह घटक, निकास क्षेत्र, नहर की लम्बाई, तथा नहर की चौडाई आदि सबसे अधिक संवेदनशील मापदण्ड है जो कि धारा प्रवाह को प्रभावित करते है।

हस्तचालित अंशशोधन पद्धित मे आवश्यक है कि प्रयोगकर्ता मापित तथा कृमिक वैल्यूज की तुलना करे, इसके बाद निपुण निर्णय लेना चाहिए कि किस वैरीएबल को समायोजित करना है, कितना समायोजित करना है, अतः जब उचित परिणाम आ जाये उस समय निर्धारित कर देना चाहिए। कॉफे एट ऑल (2004) ने करीब 20 भिन्न सांख्यिकीय परीक्षण प्रदर्शित किये जो कि हस्तचालित अंशशोधन विधि के समय स्वैट के धारा प्रवाह आउटपुट के आंकलन के लिये इस्तेमाल किये जा सकते हैं।

स्वैट मॉडल का जलवायु परिवर्तन मे अनुप्रयोग

वैश्विक जलवायु परिर्वतन तथा उसका जल आपूर्ति पर प्रभाव शोध का एक बहुत ही व्यापक क्षेत्र है। जलवायु परिवर्तन को स्वैट निवेश जो कि मॉडल द्वारा लिये जाते हैं, की सहायता से अनुकारित किया जा सकता है। ये निवेश प्रमुख जलवायु कारकों के रूप मे जाने जाते हैं तथा स्वैट द्वारा जलवायु परिवर्तन के विश्लेषण के लिये उत्तरदायी सिद्ध होते हैं। जैसे वर्षा, ताप, सौर्य विकरण, आपेक्षिक आर्द्रता, वायु वेग, संभावित वाष्पन उत्सर्जन और वैदर जनरेटर पैरामीटर आदि प्रभावी कारक हैं। स्वैट इन सभी मौलिक कारकों के आधार पर वातावरणीय परिवर्तन के अध्ययन को अनुकारित करने में सक्षम सिद्ध हुआ है। एण्डरसन ई.ए. (1976) ने एक निश्चित समय के स्नो कवर मे ऊर्जा व भार के सन्तुलन का स्वैट द्वारा विश्लेषण किया और बताया कि बर्फ के पिघलना की गति तथा उसका वायवीय कवर वातावरणीय तापमान पर निर्भर होता है। लगातार तापमान में हुई कमी या वृद्धि जलवायु परिवर्तन की व्याख्या करने मे सक्षम है। (रैलीसन आर. एफ. तथा एन. मिल्टर, 1981) ने इस मॉडल का प्रयोग करते हुए तापमान तथा वर्षा पर पर्वतीय प्रभाव की विवेचना की और पाया कि यह मॉडल किसी जल विभाजक मे दिखाई देने वाले जलवायु परिवर्तनों को भी दिये गये निवेश के आधार पर स्वतः सुधारने में कारगर है। विश्व के कुछ निश्चित क्षेत्रों में पर्वतीय वर्षा तथा तापमान में ऊँचाई के बढ़ने से आने वाले अन्तर का विश्लेषण एक महत्त्वपूर्ण प्रसंग है। इस विषय के अध्ययन मे भी स्वैट का सफलता पूर्वक उपयोग हुआ है।

निष्कर्ष

इस प्रपत्र का मुख्य उद्देश्य स्वैट मॉडल की जलविज्ञान तथा जलवायु परिर्वतन के क्षेत्र मे उपयोगिता से अवगत कराना है। प्रपत्र मे दिखाये गये कुछ लेखों के आधार पर हम यह कह सकते हैं कि यह मॉडल उद्देश्यपरक जलविज्ञान पद्धितयों के विकास तथा पर्यावरणीय अनिश्चित्ताओं के अनुमाप मे उपयोगी सिद्ध हुआ है। स्वैट मॉडल का उपयोग जल विभाजक में जल प्रवाह अवसाद सर्वेक्षण सम्बन्धी बहुत सी समस्याओं के निराकरण मे किया गया है। यह मॉडल भविष्य में होने वाले जल विभाजक सम्बन्धी शोध कार्यो को भी प्रकाशित करता है। यद्यपि इस टूल का हाईड्रोलोजिकल मॉडलिंग में अतुलनीय योगदान है फिर भी इसमें कुछ त्रुटियां हैं। जैसे कि इस मॉडल की प्रमुख कमी यह है कि यह अनिश्चित पारम्परिक सांख्कीय विधियों को परिणाम के रूप मे व्यक्त करता है जिसमें कि त्रुटि तथा क्रिया विधि त्रुटि को व्यक्त में असमर्थ है। साधारणतः यह मॉडल अमेरिकी मृदा तथा लैण्ड यूज डाटाबेस पर आधारित है। जिससे कि समूचे विश्व के बारे मे परिपूर्ण विश्लेषण तथा पर्यावरण संभावनाओं की भविष्यवाणी करना कुछ कठिन है। प्रपत्र में दर्शायी गये समस्त अवलोकनों तथा

भविष्य के शोध कार्यो को ध्यान मे रखते हुए हम कह सकते हैं कि स्वैट मॉडल जलविज्ञान तथा जलवायु सम्बन्धी शोध के लिये बहुत ही प्रभावी मॉडल है।

संदर्भ

विलियम्स, (1969) : वेरीएबल रेट स्टोरेज मेथड। ट्रांजकशन आफ दी ए एस ए ई 12(1): 100–103।

एडर्सन ई. ए. (1976): ए प्वाइंट एनर्जी एण्ड मास बेलेन्स मॉडल ऑफ ए स्नोकवर एन ओ ए ए टेक्नीकल रिर्पोट नेशनल वेदर सर्विस–19, यू. एस डिपार्ट्मेन्ट कॉमर्स, सिल्वर स्प्रिंग, एम डी।

नाईसेल एट. ऑल (1980): ए फील्ड स्केल मॉडल फोर कैमिकल, रलऑफ, एण्ड फ्रोम एग्रीकल्चर मैनेजमेंट सिस्टम। कनजर्वेशन रिसर्च रिर्पोट 26, यू. एस. डिपार्ट्मेंट ऑफ एग्रीकल्चर, वाशिंगटन, डी. सी.।

जे. आर. विलियस एट ऑल, (1985): सिमुलेटर फॉर वाटर रिर्सोसेज इन रूरल बैसिंस (SWRRB) जर्नल ऑफ हाईड्रोलॉजी इन्जीनियरिंग 111, 970 (1985)।

लियोनार्ड एट ऑल (1987) : ग्राउंड वाटर लॉडिंग इफैक्टस ऑफ एग्रीकल्चर मैनेजमेन्ट सिस्टम। ट्रांस. ए.स.ए. ई. 30: 1403–1418

आर्नोल्ड, जे. जी. एवं जे. आर. विलियम्स, वेलीडेशन ऑफ सिमुलेटर फॉर वाटर रिसोर्सेज इन रूरल बैसिंस। ए. एस.सी.ई. वाटर रिसोर्सेज प्लानिंग एवं मैनेज । 113(2) : 243–256, 1987

आर्नोल्ड, जे. जी. एवं एलेन पी. एम. (1992): ''ए कम्प्रीहेनसिव सरफेस ग्राउंड वाटर फ्लो मॉडल'' जे. हाईड्रोलॉजी 142:47–69।

स्प्रूईल, सी. ए., एस. आर. वर्कमेन, तथा जे. एल. तराबा, (2000): सिमुलेशन ऑफ डेली एण्ड मन्थली स्ट्रीम डिस्चार्ज फ्रोम स्माल वाटरशेडस यूजिंग दी स्वैट मॉडल ट्रांस. ए एस ए ई 43(6): 1431–1439।

रविन्दर कौर, आर. श्रीनिवास, कमल मिश्रा, डी. दत्ता, दुर्गा प्रसाद तथा गंगा बंसल (2003) : ''एसेस्मेंट ऑफ ए स्वैट मॉडल फॉर सॉयल एण्ड वाटर मैनेजमेंट इन इण्डिया'' लैण्ड एण्ड वाटर रिसोर्सेज रिर्सच।

एम. पी. त्रिपाठी, आर. के. पेण्डा तथा एन. एस. रघुवंशी (2003) ''आइडेंटिफिकेशन तथा प्रिऑरीटाईजेसन ऑफ क्रिटिकल सब वाटरशेड फॉड सॉयल कंजर्वेशन मैनेजमेंट यूजिंग दी स्वैट मॉडल'' लैण्ड यूज एण्ड वाटर रिसोर्सेज रिर्सच।

कॉफे, एम. ई., एस. आर. वर्कमेन, जे. एल. तराबा, तथा ए. डब्लयू फॉग्ले (2004) : स्टेटिसटिकल प्रोसीजर्स फॉर एवाल्यूटिंग डेली एण्ड मन्थली हाईड्रोलोजिकल मॉडल प्रीडिक्शन ट्रांस ए एस ए ई 47(1): 59–68।

एम. पी. त्रिपाठी, आर. के पेण्डा, एन. एस. रघुवंशी एण्ड आर. सिंह (2004) : ''हाईड्रोलोजिकल मॉडलिंग ऑफ ए स्मॉल वाटर्शेड यूजिंग जनरेटेड रेनफॉल इन दी सॉयल एण्ड वाटर एसेस्मेंट टूल मॉडल'' हाईड्रोलोजिकल प्रोसेज।

आई. चौबे, ए. एस. कॉटर, टी.ए. कॉस्टेल्लो एण्ड टी. एस. सॉरेंस (2005) : ''इफैक्ट ऑफ जी आई डेम डाटा रेजॉल्यूसन ऑन स्वैट आऊटपुट अनर्सटेनिटी'' हाईड्रोलोजिकल प्रोसेजेज।

मॉर दी लूजिओ, जेफरी जी. आर्नोल्ड एण्ड रघावन श्रीनिवासन (2005): ''इफैक्ट ऑफ जी आई एस डाटा क्वालिटी ऑन स्मॉल वाटरशेड स्ट्रीम फ्लो एण्ड सेडिमेंट सिमुलेसंस हाईड्रोलोजिकल प्रोसेज।

वी. के. पाण्डे, एस. एन. पैण्डा, एन. एस. रघुवंशी एण्ड एस. सुधाकर (2006) ''डेलीनिएसन एण्ड परैमिट्राईजेसन ऑफ आनिकदिह वाटरशेड यूजिंग रिमोट सेंसिंग एण्ड एवी स्वैट मॉडल जर्नल ऑफ दी इण्डियन सोंसाइटी ऑफ रिमोट सेंसिंग।

शिरमोहम्मदी, ए., एट ऑल. (2006): अनसर्टेनटी इन टी एम डी एल मॉडल्स ट्रांस. ए एस ए बी ई 49(4): 1033–1049।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान

जलविज्ञान भवन

रूड़की–247 667 (उत्तराखंड)

दूरभाष : 01332–272106

फैक्स : 01332–272123

ई–मेल : nihmail@nih.ernet.in

वेब : www.nih.ernet.in