Water: **Brief**

11

Understanding aquifer systems of Indian Sundarbans

Participatory Ground Water Management in Saline aquifers of Indian Sundarbans

February 2020

INDIA-UK
Water Centre
भारत-यूके
जल केन्द्र

11

Understanding aquifer systems of Indian Sundarbans

Participatory Ground Water Management in Saline aquifers of Indian Sundarbans

भारतीय सुंदरबन के जलभृत तंत्रो को समझना

भारतीय सुंदरबन के लवणीय जलभृतों में सहभागी भूजल प्रबंधन

Natural Environment Research Council

सत्यमेव जयते

The India-UK Water Centre (IUKWC) promotes cooperation and collaboration between the complementary priorities of NERC-MoES water security research.

भारत-यूके जल केंद्र एम.ओ.ई.एस - एन.ई.आर.सी (यूके) जल सुरक्षा अनुसंधान की परिपूरक प्राथमिकताओ के बीच सहकार्यता और सहयोग को बढ़ावा देता है ।

CITATION

Krishan G., Dasgupta P., and McKenzie, A. (2020) Understanding aquifer systems of Indian Sundarbans. Water Brief 11. The India-UK Water Centre. 31pp. Wallingford, UK and Pune, India.

This Knowledge Exchange Water Brief was produced as an output of the IUKWC pump priming project on “Improving our understanding of the aquifer system in the Sundarbans” undertaken in 2019.

ज्ञान आदान प्रदान का यह जल संक्षिप्त आईयूकेडब्ल्यूसी द्वारा 2019 में किए गए पंप प्राइंमिग परियोजना “सुंदरबन में जलभृत प्रणाली की हमारी समझ में सुधार” का प्रतिफल था।

Front Cover Photo: Field, Sundarbans (Emma Bennett, IUKWC). All other images Emma Bennett, IUKWC and Project Team

ICAR
CENTRAL SOIL SALINITY RESEARCH INSTITUTE
REGIONAL RESEARCH STATION
CANNING TOWN, SOUTH 24 PGS - 743329 W.B.

1. Background

The India–UK Water Centre (IUKWC) funded a project under its pump priming project (PPP) initiative on “Understanding aquifer systems of Indian Sunderbans”. The project was led by National Institute of Hydrology, Roorkee in collaboration with British Geological Survey, UK and Rajarhat PRASARI and was funded for a period of 6 months, from June to November, 2019.

The Indian Sundarbans, a UNESCO World Heritage site is home to 2.79 million people with majority of the population living in acute poverty with marginal living conditions. Increasing population pressure, demand-supply gap in fresh water aquifers, unsustainable harvesting of ground water, mixing of wastewater pollutants from urban industrial belts and coastal oil spill from non-regulated water transportation system on the coastline, increased farming, has led to severe degradation and destruction of fresh water reserve of the region.

Majority of the population depends on agriculture for its livelihood; while a significant part of the population living on the forest fringes is dependent on forest resources for their primary livelihood. Agriculture offers limited livelihood potential for communities due to high sodic salinity levels (up to 16dS during summer). This condition is accentuated by the fact that the Sunderbans is reported to be sinking due to sea level rise of about 12mm (since 2006) every year . The sea level rise also results in increasing the

1. पृष्ठभूमि

भारत-यूके जल केंद्र (आईयुकेड्ब्ल्युसी) ने अपने पंप प्राइमिंग परियोजना(PPP) पहल के तहत " भारतीय सुंदरबन के जलभृत तंत्रो को समझना " नामक एक परियोजना को वित्तपोषित किया। इस परियोजना का नेतृत्व राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की ने ब्रिटिश जियोलॉजिकल सर्वे, यूके एवं राजारहाट प्रसारी के साथ मिलकर तथा जून से नवंबर, 2019 तक 6 महीने की अवधि के लिए वित्त प्रदान किया गया था।

भारतीय सुंदरबन, यूनेस्को की विश्व धरोहर स्थल 2.79 मिलियन लोगों का घर है, जहां अधिकांश आबादी न्यूनतम जीवन स्थितियों के साथ अत्यधिक गरीबी में रहती है। बढ़ती जनसंख्या के दबाव, ताजे पानी वाले जलभृतों में मांग-आपूर्ति का अंतर, भूजल का निरंतर दोहन, शहरी औद्योगिक क्षेत्रों से अपशिष्ट जल प्रदूषकों का मिश्रण तथा समुद्री तटरेखा पर गैर-नियमित जल परिवहन तंत्र से तटीय भागों में तेल का फैलाव, खेती में बढ़ोतरी इस क्षेत्र के आरक्षित ताजे पानी के भारी गिरावट और विनाश के कारण हुआ है।

जनसंख्या का अधिकांश भाग अपनी आजीविका के लिए कृषि पर निर्भर करता है; जबकि जंगल के किनारे पर रहने वाली आबादी का एक महत्वपूर्ण हिस्सा अपनी प्राथमिक आजीविका के लिए वन संसाधनों पर निर्भर है। कृषि उच्च क्षारीय लवणता के स्तर(गर्मियों के दौरान 16dS तक) के कारण समुदायों के लिए सीमित आजीविका क्षमता प्रदान करती है । इस स्थिति को इस तथ्य से समझा जा सकता है कि सुंदरबन को हर साल लगभग 12 मिमी (2006 के बाद) के समुद्र के स्तर में वृद्धि के कारण डूबने की सूचना है। समुद्र के जल स्तर में वृद्धि होने से समुद्री जल अतिक्रमण और इसकी अप्रभावित जलभृत तथा कृषि

vulnerability of the area to sea water intrusion and contamination of its unconfined aquifers and agricultural lands. With increased crop demand, ground water demand has also risen as the limited rainfall (1600-2000mm per annum) fails to meet year round fresh water demand in the region. As a result, ground water abstraction has become a regular practice, over abstraction often leads to severe water crisis during summer in the region.

Given the very fragile nature of the ecosystem and the state of surface and ground water resources the current project thus aimed to :

i. Improve the understanding of the aquifer system in the Sundarbans by understanding the practicality of artificial aquifer recharge and its potential contribution to aquifer sustainability.

ii. To identify the scope for Aquifer Storage and Recovery; injecting fresh water into the saline shallow aquifer system during monsoon months and recovering it for dry season. This approach could possibly avoid risks of aquifer degradation or contamination associated with conventional recharge of the freshwater aquifers.

By developing an understanding of the above, the project envisages to work towards improving the livelihood of the people in the region in a sustainable manner and ensuring water security and balance in the ecosystem.

भूमि के दूषित होने की संभावना बढ़ जाती है। फसल की मांग में वृद्धि के साथ, भूजल की मांग में भी तेजी आई है क्योंकि सीमित वर्षा (1600-2000 मिमी प्रति वर्ष) क्षेत्र में वर्ष भर ताजे पानी की मांग को पूरा करने में विफल रहती है। नतीजतन, भूजल अमूर्तता एक नियमित अभ्यास बन गया है, अमूर्तता से अधिक बार क्षेत्र में गर्मी के दौरान गंभीर जल संकट होता है।

पारिस्थितिकी तंत्र की बहुत नाजुक प्रकृति(स्वरूप) तथा सतही स्थिति एवं भूजल संसाधनों की वर्तमान स्थिति को देखते हुए मौजूदा परियोजना इस प्रकार है:

i. कृत्रिम जलभृत रिचार्ज की उपयोगिता तथा स्थायी जलभृत में इसके संभावित योगदान को समझकर सुंदरबन में एक्वीफर सिस्टम की समझ में सुधार करना।

ii. जलभृत भंडारण एवं रिकवरी(पुन:प्राप्ति) के लिए क्षेत्र की पहचान करना; मानसून के महीनों के दौरान खारे उथले एक्विफर सिस्टम में ताजा पानी मिलाना और शुष्क मौसम के लिए इसे ठीक करना। यह दृष्टिकोण संभवतः मीठे पानी के जलभृतों के पारंपरिक पुनर्भरण से जुड़े एक्वीफर गिरावट या संदूषण के जोखिमों को टाल सकता है।

उपरोक्त की एक समझ विकसित करके, इस परियोजना के क्षेत्र में लोगों की आजीविका में सुधार के लिए एक स्थायी तरीके से काम करने और पारिस्थितिकी तंत्र में जल सुरक्षा एवं संतुलन सुनिश्चित करने की दिशा में काम करने की परिकल्पना की गई है।

The project objectives are to:

- Develop a conceptual model of the island aquifer systems and collate available evidence on aquifer extent; - that is through - Aquifer Storage and Recovery System
- Collate aquifer property data on the aquifer systems, including data on the shallow saline aquifers; - through primary data collection
- Review the potential and cost/benefits of aquifer recharge and aquifer storage and recovery; - Economic aspects of the ground water recharge (cost benefit ration)

2. Key Findings

To work towards livelihood sustainability and improving water security in the region, ensuring sustainable and secure supply of fresh water for drinking and agriculture purposes is thought to be key. The current project first aimed to understand the hydrology and sub-surface aquifer system of the region to contribute towards exploring the potential of rain water harvesting in the region. The following section summarises the key findings of the above goals

2.1. Water sources

Gosaba and Sandeshkhali II blocks of the Sundarbans region was

परियोजना के उद्देश्य हैं:

- एक्विफर स्टोरेज एवं रिकवरी सिस्टम(जलभृत भंडारण एवं रिकवरी तंत्र) के जरिए द्वीप के जलभृत तंत्रो एवं जलभृत विस्तार पर उपलब्ध तथ्यों को संग्रहित कर एक वैचारिक मॉडल विकसित करना।
- प्राथमिक डेटा संग्रह के माध्यम से उथले खारा एक्विफर्स आंकडो सहित, जलभृत प्रणालियों का जलभृत लक्षणों वाले आंकडो से तुलना करना ।
- जलभृत जलभृत रिचार्ज और जलभृत भंडारण एवं रिकवरी(पुन:प्राप्ति) की क्षमता तथा लागत व लाभों की समीक्षा करना; - भूजल रिचार्ज के आर्थिक पहलूए (लागत लाभ राशन)

2. मुख्य निष्कर्ष

क्षेत्र में आजीविका स्थिरता और जल सुरक्षा में सुधार के लिए काम करना, पीने और कृषि उद्देश्यों के लिए ताजे पानी की सतत और सुरक्षित आपूर्ति सुनिश्चित करना महत्वपूर्ण माना जाता है। वर्तमान परियोजना ने पहली बार इस क्षेत्र के जल विज्ञान और उप-सतही जलभृत प्रणाली को समझने का लक्ष्य रखा, ताकि क्षेत्र में वर्षा जल संचयन की क्षमता का पता लगाने में योगदान दिया जा सके। निम्न अनुभाग उपरोक्त लक्ष्यों के प्रमुख निष्कर्षों को संक्षेप में प्रस्तुत करता है

2.1. जल स्रोत

सुंदरबन क्षेत्र के गोसाबा और संदेशखाली II ब्लॉक को इस क्षेत्र में पीने और सिंचाई के

selected as the study area given the acute water crisis related to water for drinking and irrigation in the region. A household survey was conducted in villages of these blocks to identify options sweet/fresh water currently being utilised in the lean period. These include:

1. Pumping of ground water using submersible pumps
2. Import water from outside using pipes
3. Desalinisation of the saline water using appropriate equipment.

These methods were identified to be expensive, unsustainable and vulnerable to impacts of climate change in nature. The water scarcity issue is driving up the number and depth of tube wells in recent decades; tube wells were reported to become increasingly dry in summer months or with increased salinity levels, making it unfit for use (Figure 1).

Therefore, looking at the future options Aquifer Storage and Recovery system was thought to be a feasible option offering dual benefits of maintaining ground water levels for lean period and benefiting ecosystem flows.

लिए पानी से संबंधित तीव्र जल संकट को देखते हुए अध्ययन क्षेत्र के रूप में चुना गया था। इन ब्लॉकों के गाँवों में वर्तमान समय में दुबलेपन में उपयोग किए जा रहे मीठे / ताजे पानी की पहचान के लिए एक घरेलू सर्वेक्षण किया गया था। इसमें शामिल है:

1. सबमर्सिबल पंपों का उपयोग करके भूजल को ऊपर उठाना
2. पाइप का उपयोग करके बाहर से पानी लाना
3. उपयुक्त उपकरणों का उपयोग कर खारे पानी का विलवणीकरण।

इन तरीकों की पहचान प्रकृति में जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के लिए महंगी, निरंतर और असुरक्षित होने के लिए की गई थी। पानी की कमी का मुद्दा हाल के दशकों में नलकूपों की संख्या और गहराई बढ़ा रहा है; ट्यूबवेलों को गर्मियों के महीनों में तेजी से सूखने या लवणता के स्तर में वृद्धि के साथ सूचित किया गया, जिससे यह उपयोग के लिए अयोग्य हो गया (चित्र 1)।

इसलिए, भविष्य के विकल्पों को देखते हुए एक्विफर स्टोरेज एंड रिकवरी सिस्टम को एक संभाव्य विकल्प माना गया, जो दुबलेपन के लिए भूजल स्तर को बनाए रखने और पारिस्थितिकी तंत्र के प्रवाह को लाभ देने के दोहरे लाभ प्रदान करता है।

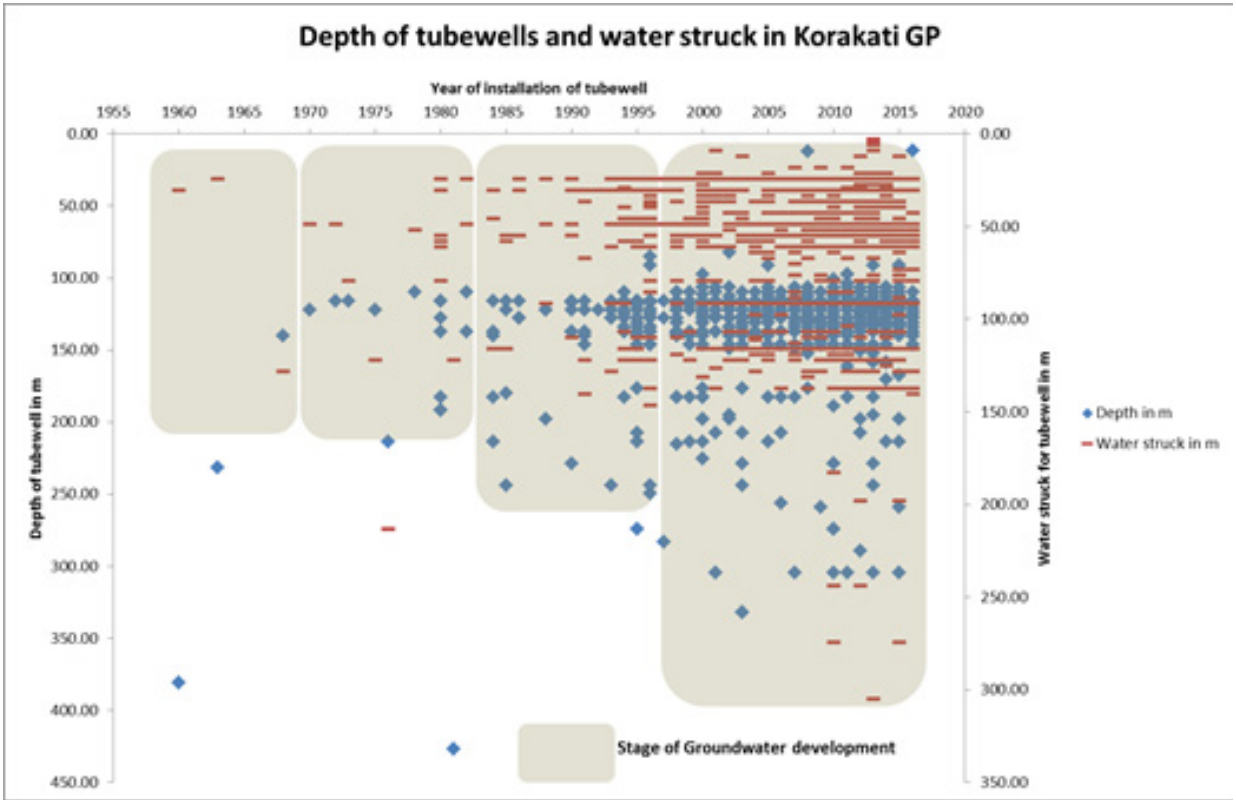
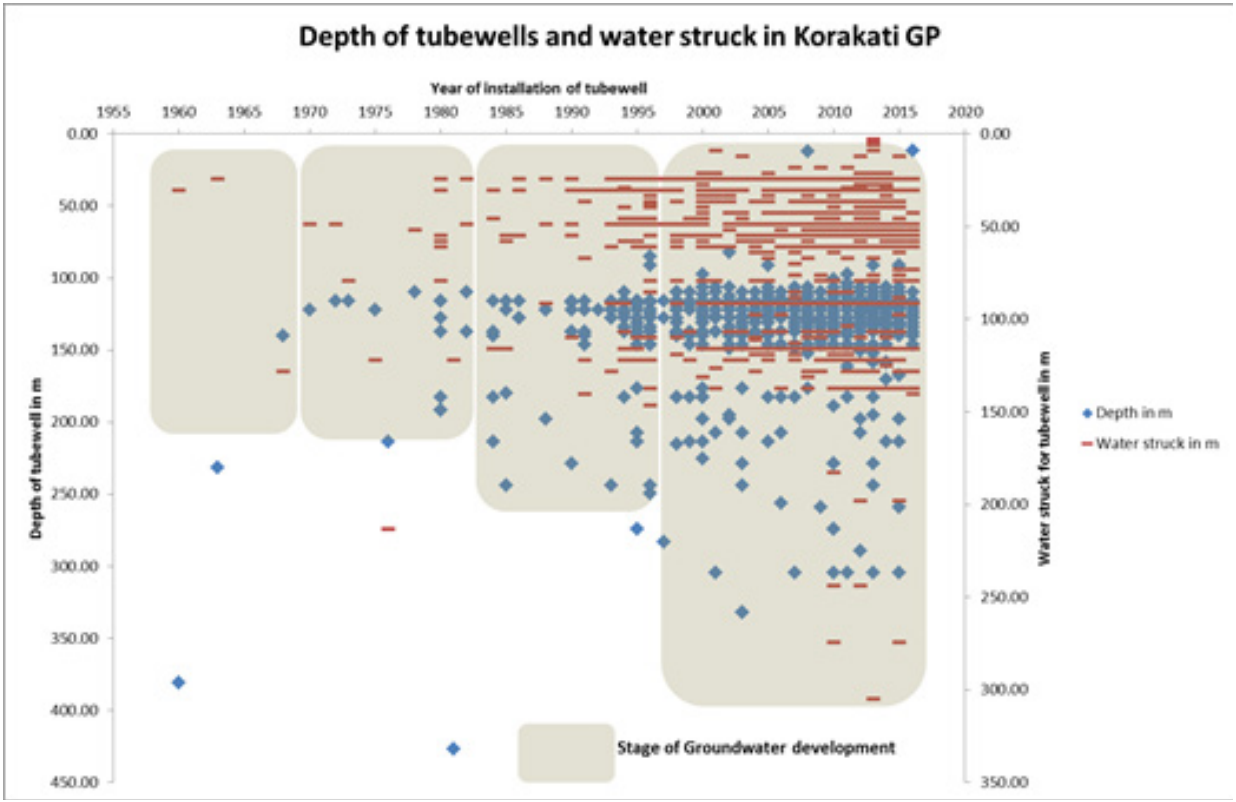


Figure 1: Depth of tubewells and water struck in one of the GPs (Korakati GP) of the study area



चित्र 1: अध्ययन क्षेत्र के GPs (कोराकती GP) में से एक में ट्यूबवेल और पानी की गहराई

2.2. Hydrogeology of the area

With inputs from local stakeholders and from discussions with the parahydrogeologists the below conceptual aquifer model was developed for the region to understand the aquifer profile and water storage

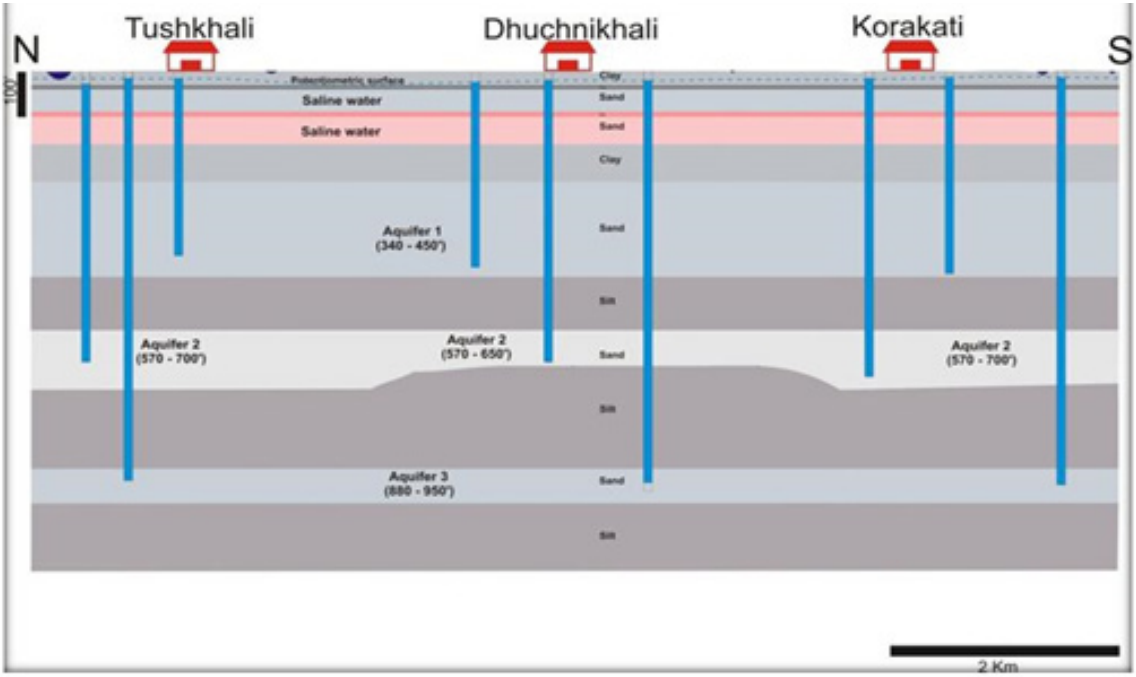
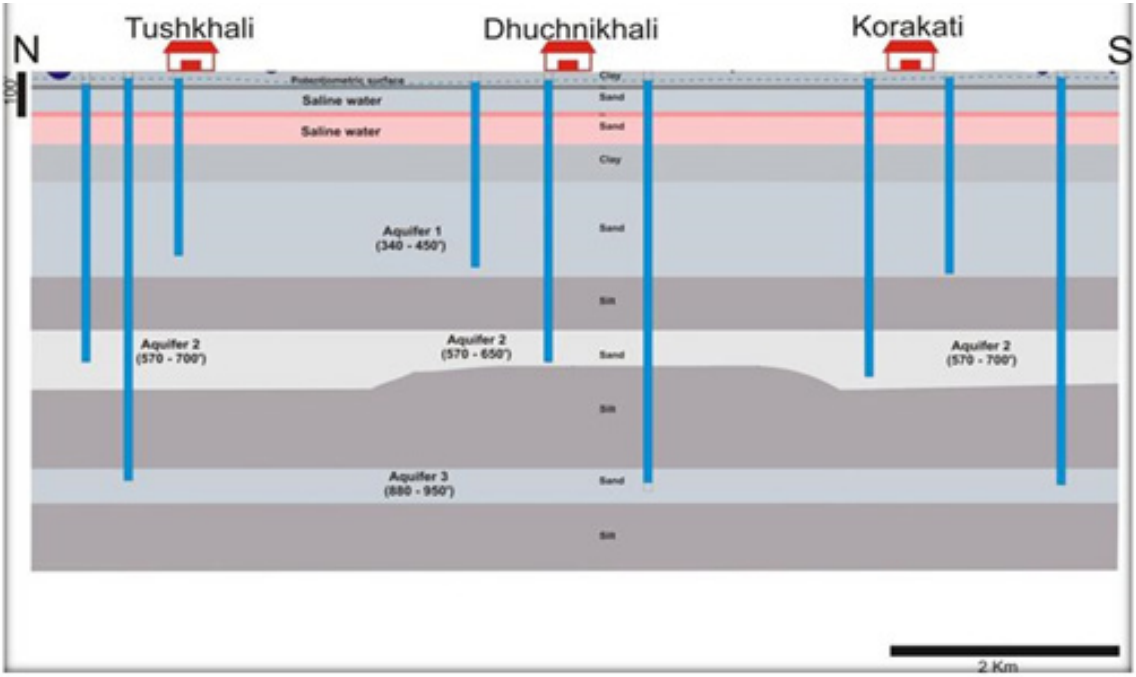


Figure 2: Conceptual Models of Aquifers in the study area: Gosaba and Sandeshkhali II blocks, Sundarbans

2.2. क्षेत्र की जल विज्ञान

स्थानीय हितधारकों से प्राप्त इनपुट तथा पैरा हाइड्रोजियोलॉजिस्ट(जलभू-विज्ञानी के सहयोगी) के साथ चर्चा करके नीचे दिए गए संकल्पनात्मक जलभृत मॉडल को इस क्षेत्र के लिए विकसित किया गया था ताकि जलदायी स्तर की रूपरेखा और जल भंडारण की



चित्र 2: अध्ययन क्षेत्र में एक्विफर्स के संकल्पनात्मक मॉडल: गोसाबा और संदेशखली II ब्लॉक, सुंदरबन ।

In the above figure, Aquifer1 is to be found between (341 to 450 feet), aquifer 2 in between (571 to 650 feet in Dhuchnikhali and 571 to 700 feet in Tushkhali & Korakati) and aquifer 3 placed between (881 to 950 feet) deep from mean sea level. All the three aquifers represent potentiometric water level ranging from 3 to7m below mean sea level (msl).

Maximum numbers of hand pumps and irrigational tube wells are tapping aquifer1 found in the range of 360 to 420 feet depth where fresh water is available. Some government hand pumps are also tapping deeper aquifers.

2.3. Water quality data

Water sampling for assessing its quality was undertaken in the aquifers of the study area to identify its suitability for consumption and for artificial recharge along with assessing the diversity in quality across aquifers. 12 representative samples were sent to the regional laboratory for detailed analysis. The parameters assessed included physio-chemical parameters like iron, magnesium, calcium, arsenic, hardness and TDS, electrical conductivity and pH.

Most of the tested water samples are represents highly mineralised water; whereas few samples are fall in between fresh and mineralised water category. The Wilcox diagram below shows all the water sources falls under medium salinity and low sodium absorption ratio (SAR) thus representing high salinity levels.

समझा जा सके

उपरोक्त आकृति में, एक्विफर 1 (341 से 450 फीट) के बीच पाया जाता है, एक्वीफर 2 (धुचांचली में 571 से 650 फीट और तुषखली और कोरकाटी में 571 से 700 फीट) बीच में तथा एक्विफर 3 (881 से 950 फीट) माध्य समुद्र तल से गहरा के बीच रखा गया है। सभी तीन एक्वीफ़र्स पोटेंशियोमेट्रिक (पेय) जल स्तर को दर्शाते हैं जो कि माध्य समुद्र तल (एमएसएल) से 3 से 7 मीटर नीचे तक होता है।

हैंडपंपों और सिंचाई नलकूपों की अधिकतम संख्या 360 से 420 फीट की गहराई में पाए जाने वाले एक्वीफर 1 का दोहन कर रही है, जहां ताजा पानी उपलब्ध है।

कुछ सरकारी हैंड पंप भी गहरे जलभराव का दोहन कर रहे हैं।

2.3. पानी की गुणवत्ता के आंकड़े

इसकी गुणवत्ता का आकलन करने के लिए पानी के नमूने का अध्ययन क्षेत्र के एक्विफर्स में किया गया ताकि खपत के लिए इसकी उपयुक्तता की पहचान की जा सके और इसके लिए कृत्रिम रिचार्ज के साथ-साथ एक्विफर्स में गुणवत्ता में विविधता का आकलन किया जा सके। विस्तृत विश्लेषण के लिए 12 द्योतक नमूने क्षेत्रीय प्रयोगशाला में भेजे गए। मूल्यांकन किए गए मापदंडों में लोहा, मैग्नीशियम, कैल्शियम, आर्सेनिक, कठोरता और टीडीएस, विद्त चालकता और पीएच जैसे भौतिक-रासायनिक पैरामीटर शामिल थे।

अधिकांश परीक्षण किए गए पानी के नमूने अत्यधिक खनिजयुक्त पानी का प्रतिनिधित्व करते हैं; जबकि कुछ नमूने ताजा और खनिज पानी श्रेणी के बीच आते हैं। नीचे दिए गए विलकॉक्स आरेख से पता चलता है कि सभी जल स्रोत मध्यम लवणता और निम्न सोडियम

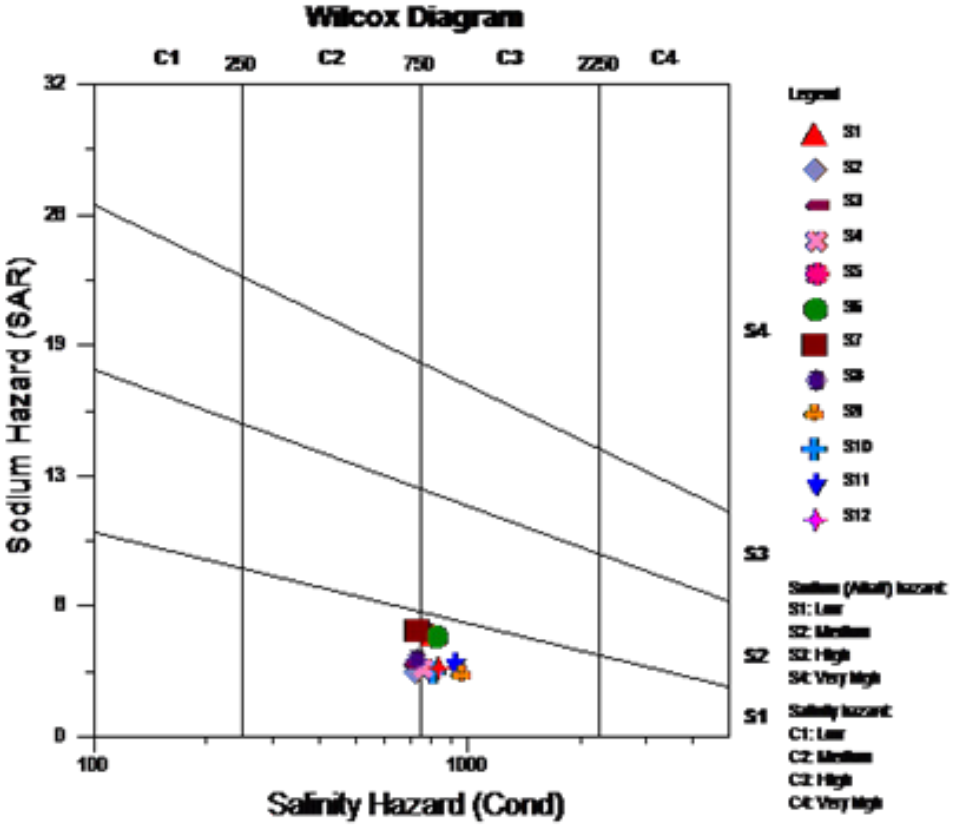
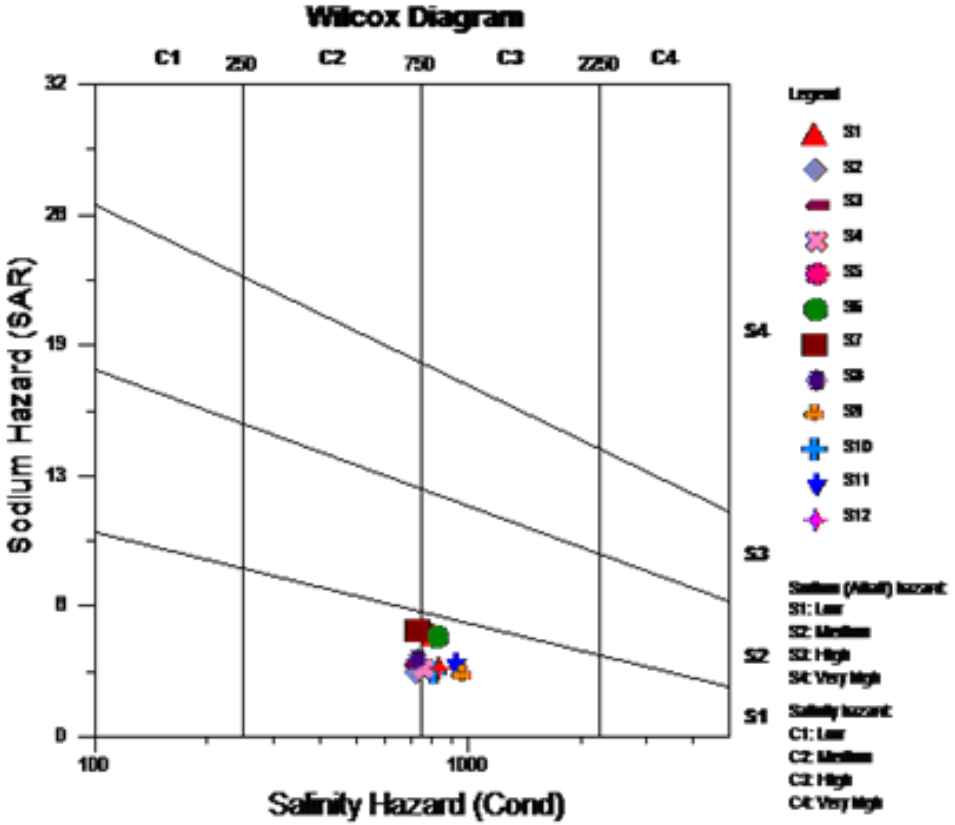


Figure 3: Wilcox diagram for water quality of aquifers in the study area



चित्र 3: अध्ययन क्षेत्र में एक्वीफर्स की पानी की गुणवत्ता के लिए विलकॉक्स आरेख

2.4. Artificial recharge of saline aquifers;

This technique is useful as an alternative to building surface storage for the dry season along with repairing 'damage' to an aquifer from over pumping or changes in land use.

3. Specific Knowledge and Data Gaps

As per assessment undertaken in this project considering the region and its people, there are three main aspects that need to be deeply understood in connection with adopting the framework as represented in Figure 4.

3.1. Understanding fresh water resource and aquifer characteristics

a. Quantitative assessment

An understanding of aquifers requires a quantitative assessment of both water inputs (recharge) and outputs (discharge). Since assessment of groundwater balance of confined aquifer is not possible through water level fluctuation method; factors like aquifer storage and total groundwater abstraction have been used to calculate groundwater balance. Aquifer storage was calculated through aquifer thickness and storability of the aquifer. The value of storability of the aquifer was taken from pumping test carried out. There is huge gap between potential aquifer storage and probable aquifer storage, which can be fulfilled through more groundwater

अवशोषण अनुपात (एसएआर) के अंतर्गत आते हैं और इस प्रकार उच्च लवणता स्तर का प्रतिनिधित्व करते हैं।

2.4. लवणीय एक्वीफर्स का कृत्रिम पुनर्भरण;

यह तकनीक शुष्क मौसम के लिए सतह भंडारण के विकल्प के साथ-साथ पंपिंग या भूमि उपयोग में परिवर्तन से एक जलभृत को 'नुकसान' की मरम्मत के लिए उपयोगी है।

3. विशिष्ट ज्ञान और डेटा अंतराल

क्षेत्र और इसके लोगों को देखते हुए इस परियोजना में किए गए आकलन के अनुसार, तीन मुख्य पहलू हैं जिन्हें चित्र 4 में दर्शाए गए ढांचे को अपनाने के संबंध में गहराई से समझने की आवश्यकता है।

3.1. ताजा जल संसाधन और जलभृत विशेषताओं को समझना

a. मात्रात्मक मूल्यांकन

एक्वीफर्स की समझने के लिए पानी के इनपुट (रिचार्ज) और आउटपुट (डिस्चार्ज) दोनों की मात्रात्मक मूल्यांकन की आवश्यकता होती है। चूंकि जल स्तर में उतार-चढ़ाव विधि से सीमित जलभृत के भूजल संतुलन का आकलन संभव नहीं है; भूजल संतुलन की गणना के लिए एक्वीफर भंडारण और कुल भूजल अमूर्तता जैसे कारकों का उपयोग किया गया है। एक्विफर स्टोरेज की गणना एक्वीफर की मोटाई और एक्वीफर की स्टोरेज के माध्यम से की गई थी। एक्वीफर के भंडारण की कीमत पंपिंग टेस्ट से ली गई थी। संभावित एक्वीफर भंडारण और संभावित एक्वीफर भंडारण के बीच बहुत बड़ा अंतर है, जिसे अधिक भूजल

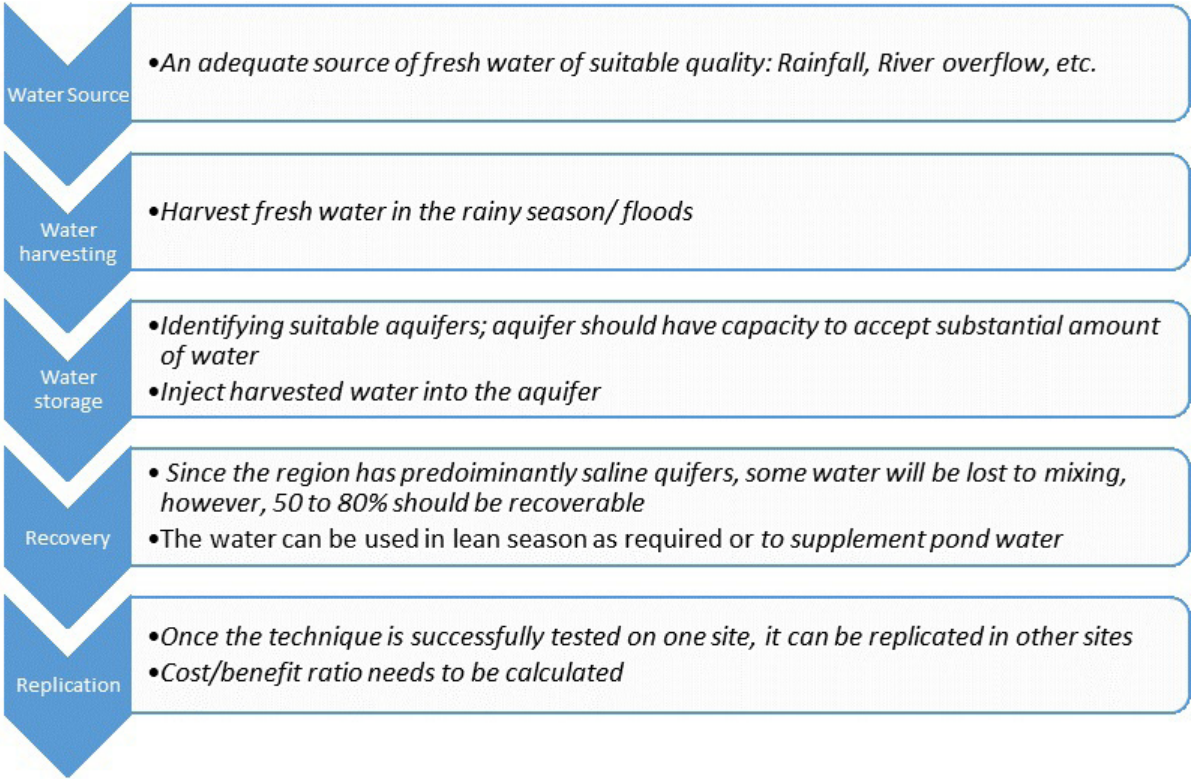
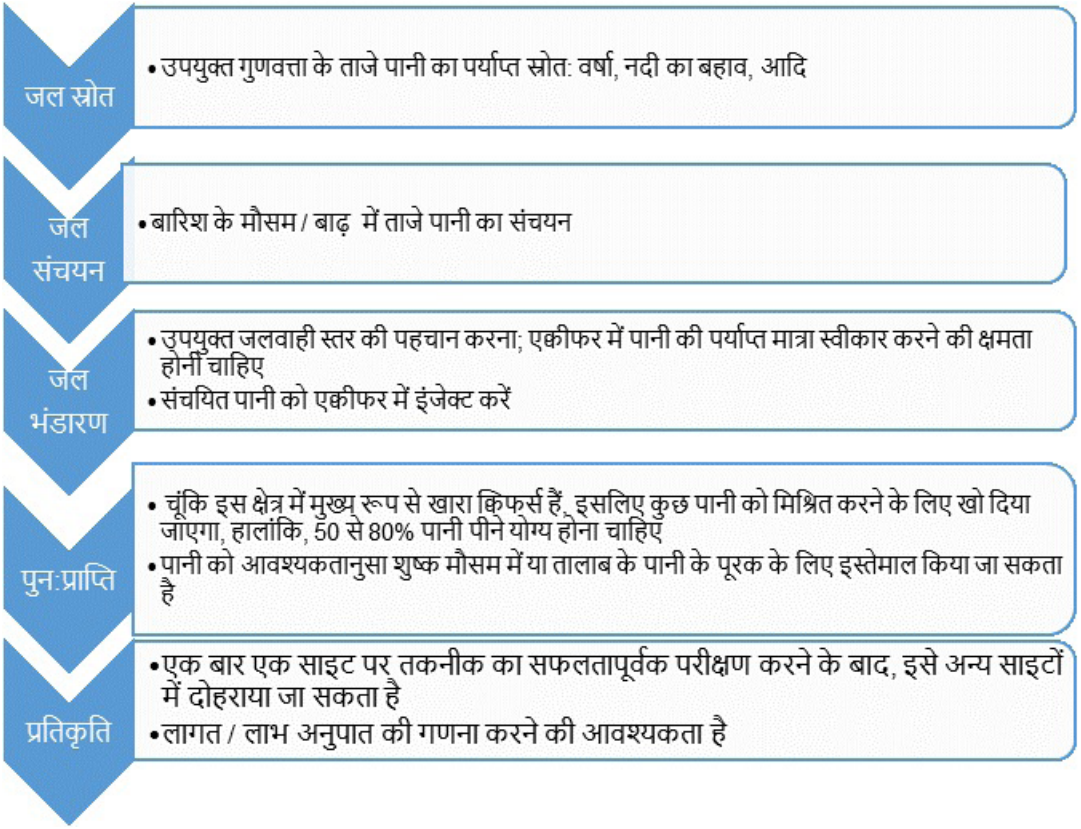


Figure 4: Framework for artificial recharge of aquifers



चित्र 4: एक्वीफर्स के कृत्रिम पुनर्भरण के लिए रूपरेखा

augmenting and quantification programs.

b. Water Quality related issues (related to aquifers)

There should be periodic assessment of water quality parameters such as: pH, TDS, turbidity, iron, arsenic etc. Arsenic in groundwater has been reported in this basin by many researchers and there is a need to identify possible long term measures for its treatment.

c. Aquifer resistivity to drought and cyclone

Sundarbans area is prone to frequent drought and cyclones. In ASR, deeper aquifers are targeted as opposed to shallow aquifers which increase resistance to drought and cyclones and portray a lesser possibility of saline water intrusion.

3.2. ASR system: Implementation, maintenance and performance

a. Cost of artificial recharge

The overall cost of developing an ASR system maybe high initially but the same is significantly low from long term perspective and from taking into considerations costs for importing water. If we calculate approximate costs for recharge

- Drilling a borewell and casing to 40/50 metres, INR 40,000
- Use the solar pump and tank system introduced for the drip irrigation

संवर्द्धन और परिमाणीकरण कार्यक्रमों के माध्यम से पूरा किया जा सकता है।

b. जल गुणवत्ता से संबंधित मुद्दे (एक्वीफर्स से संबंधित)

जल गुणवत्ता मापदंडों का आवधिक मूल्यांकन होना चाहिए जैसे: पीएच, टीडीएस, टर्बिडिटी, लोहा, आर्सेनिक आदि। कई शोधकर्ताओं द्वारा इस बेसिन में भूजल में आर्सेनिक की सूचना दी गई है और इसके उपचार के लिए संभावित दीर्घकालिक उपायों की पहचान करने की आवश्यकता है।

c. सूखे और चक्रवात के लिए एक्विफर प्रतिरोधकता

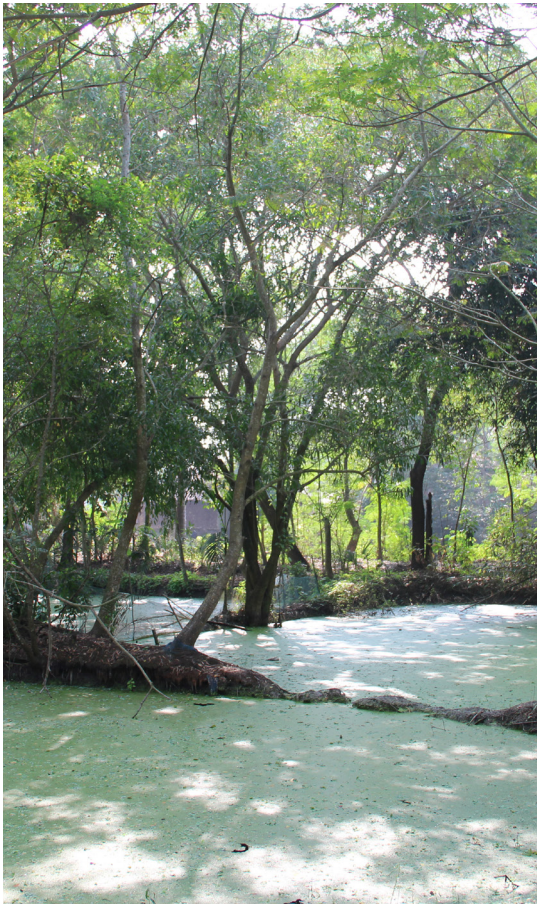
सुंदरवन क्षेत्र में लगातार सूखे और चक्रवात का खतरा है। एएसआर में, गहरे जलवाहकों को उथले एक्विफर्स के विपरीत लक्षित किया जाता है जो सूखे और चक्रवातों के प्रतिरोध को बढ़ाते हैं और खारे पानी के घुसपैठ की कम संभावना को चित्रित करते हैं।

3.2. एएसआर प्रणाली: कार्यान्वयन, रखरखाव और प्रदर्शन

a. कृत्रिम पुनर्भरण की लागत

एएसआर प्रणाली विकसित करने की समग्र लागत शायद शुरुआत में अधिक है, लेकिन दीर्घकालिक दृष्टिकोण से और पानी आयात करने के लिए विचार लागत में काफी कम है। यदि हम पुनर्भरण के लिए अनुमानित लागतों की गणना करते हैं

- बोरवेल की ड्रिलिंग और 40/50 मीटर तक आवरण, INR 40,000
- ड्रिप सिंचाई प्रणाली के लिए शुरू की गई सौर पंप और टैंक प्रणाली का उपयोग करें
- पंप और टैंक लगभग 15,000 रु



system

- Pump and tank circa INR 15,000
- Area ‘irrigated’ increases from 750 m2 to 3000 m2
- ‘Added value’ of Rs 3000 to 27,000
- Key sensitivity is crop profitability

b. Technology transfer: mechanism, management and maintenance

This system has been tested under laboratory conditions in small scale, so there is a need to test it under field conditions on a larger scale. The key factor affecting the extrapolation if this technology is mainly the lithology (small volume ‘fresh water bubble’ will have high surface area to volume ration in a thick aquifer).

c. Quality control

Artificial recharge requires filtration system to be added to aquifer; this may require additional costs

d. Aquifer heterogeneity and fluid-rock interactions can greatly affect ASR system performance.

The metaphoric "ASR bubble" has been burst with the realization that ASR systems are more physically and chemically complex than the general conceptualization. To counteract this, in this study we have gathered as much lithological data as possible to generate first hand data

- क्षेत्र 'सिंचित' 750 एम2 से बढ़कर 3000 एम2 हो जाता है
- 3000 से 27,000 रु का 'जोड़ा गया मूल्य'
- मुख्य संवेदनशीलता फसल लाभप्रदता है

b. प्रौद्योगिकी हस्तांतरण: तंत्र, प्रबंधन और रखरखाव

इस प्रणाली का परीक्षण प्रयोगशाला परिस्थितियों में छोटे स्तर पर किया गया है, इसलिए बड़े पैमाने पर क्षेत्र की परिस्थितियों में इसका परीक्षण करने की आवश्यकता है। बहिर्वेशन को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारक अगर यह तकनीक मुख्य रूप से लिथोलॉजी (छोटी मात्रा में 'ताजे पानी के बुलबुले' में एक मोटी जलभृत में आयतन अनुपात के लिए उच्च सतह क्षेत्र होगा)।

c. गुणवत्ता नियंत्रण

कृत्रिम पुनर्भरण के लिए निस्पंदन प्रणाली को एक्वीफर में जोड़ना पड़ता है; इसके लिए अतिरिक्त लागत की आवश्यकता हो सकती है ।

d. एक्विफर विषमता और द्रव-रॉक इंटरैक्शन एएसआर सिस्टम के प्रदर्शन को बहुत प्रभावित कर सकते हैं।

रूपक "एएसआर बबल" को इस बोध के साथ फोड़ दिया गया है कि एएसआर सिस्टम सामान्य अवधारणा से अधिक शारीरिक और रासायनिक रूप से जटिल हैं। इसका प्रतिकार करने के लिए, इस अध्ययन में हमने पहले हाथ के डेटा को उत्पन्न करने के लिए अधिक से अधिक लिथोलॉजिकल डेटा इकट्ठा किए हैं और पार्टिसिपेटरी एक्विफर स्टोरेज और रिकवरी सिस्टम के माध्यम से इसे मान्य किया है। वही यह सुनिश्चित करने

and validate the same through participatory aquifer storage and recovery system. The same will be useful to run solute-transport ground water modelling required to predict how stored water will migrate over time, given different conditions and how saline aquifer properties will affect the quality of stored water

4. Social awareness and capacity development requirements

Ensuring participation from the society is very crucial for successful understanding of the ground water dynamics and planning activities for improved water use efficiency and conservation. This section highlights the key facets that need to be considered in this context.

4.1. Community data sharing platform

A participatory data repository along with community data sharing platform needs to be created with water users to regulate and maximize optimal use of fresh water. Simulated model on artificial recharge (ASR) in this regard will be very useful to generate alternative water source option in the Indian Sundarbans

के लिए उपयोगी होगा कि विलेय-परिवहन भूजल मॉडलिंग की भविष्यवाणी करने के लिए आवश्यक है कि संग्रहीत पानी समय के साथ कैसे चलेगा, विभिन्न स्थितियों को देखते हुए और कैसे खारा जलभृत गुण संग्रहीत पानी की गुणवत्ता को प्रभावित करेगा

4. सामाजिक जागरूकता और क्षमता विकास की आवश्यकताएं

भूजल की गतिशीलता की सफल समझ और बेहतर जल उपयोग दक्षता और संरक्षण के लिए गतिविधियों की योजना के लिए समाज से भागीदारी सुनिश्चित करना बहुत महत्वपूर्ण है। यह खंड उन प्रमुख पहलुओं पर प्रकाश डालता है जिन्हें इस संदर्भ में विचार करने की आवश्यकता है।

4.1. सामुदायिक डेटा साझाकरण मंच

सामुदायिक डेटा साझाकरण प्लेटफ़ॉर्म के साथ एक भागीदारी डेटा रिपॉजिटरी को ताजे पानी के इष्टतम उपयोग को विनियमित करने और अधिकतम करने के लिए पानी के उपयोगकर्ताओं के साथ बनाने की आवश्यकता है। इस संबंध में कृत्रिम पुनर्भरण (एएसआर) पर नकली मॉडल भारतीय सुंदरवन में वैकल्पिक जल स्रोत विकल्प उत्पन्न करने के लिए बहुत उपयोगी होगा

4.2. Awareness on resource conservation

Facilitating resource availability needs to be complimented with generating awareness amongst masses on resource conservation to ensure conservation of water in aquifers and avoid over exploitation. A social mechanism on resource sharing also needs to be developed and propagated in the region.

4.3. Knowledge sharing and Skill development

Stakeholders, including the society need to be involved since inception of such a water conservation measure. This will not only facilitate adhoc participation but also generate awareness on using water in an efficient manner amongst the users.

Frequent training and skill building amongst the society to monitor, manage and maintain the artificial recharge system, data platform and water sharing platform would be key to ensure smooth and long term functioning of the system for a sustainable future.

Organization of frequent participatory groundwater management (PGWM) workshops and mass awareness programmes is tough to be quite useful

4.2. संसाधन संरक्षण पर जागरूकता

संसाधन की उपलब्धता को बढ़ाने के लिए संसाधन संरक्षण पर लोगों के बीच जागरूकता पैदा करने की जरूरत है, ताकि जल संरक्षण में पानी का संरक्षण सुनिश्चित किया जा सके और शोषण से बचा जा सके। संसाधन साझाकरण पर एक सामाजिक तंत्र को भी क्षेत्र में विकसित और प्रचारित किया जाना चाहिए।

4.3. ज्ञान साझाकरण और कौशल विकास

ऐसे जल संरक्षण उपाय की स्थापना के बाद से समाज सहित हितधारकों को शामिल करने की आवश्यकता है। यह न केवल ख़ास भागीदारी की सुविधा प्रदान करेगा बल्कि उपयोगकर्ताओं के बीच कुशल तरीके से पानी का उपयोग करने के बारे में जागरूकता पैदा करेगा।

कृत्रिम पुनर्भरण प्रणाली की निगरानी, प्रबंधन और रखरखाव के लिए समाज के बीच लगातार प्रशिक्षण और कौशल निर्माण, टिकाऊ भविष्य के लिए प्रणाली के सुचारू और दीर्घकालिक कामकाज को सुनिश्चित करने के लिए महत्वपूर्ण होगा।

लगातार भागीदारी वाले भूजल प्रबंधन (पीजीडब्ल्यूएम) कार्यशालाओं और जन जागरूकता कार्यक्रमों का संगठन काफी उपयोगी होना कठिन है

5. Future

Aquifer storage and recovery (ASR) is a way of managing water resources to meet existing and future freshwater demands. It is the direct injection of surface water supplies such as potable water, reclaimed water (i.e. rainwater), or river water into an aquifer for later recovery and use.

It has been well-demonstrated, by model generated using Jupyter Notebook (python as the backend programming language), that ASR systems can provide very large volumes of storage at a lesser cost than other options in Indian Sunderbans. The challenges moving forward are to field test the success of ASR systems, optimize system performance, and set expectations appropriately.

In phase II: Conceptualized ASR technique will be executed in the field conditions under different scenarios testing the model performance.

Further reading

1. Dasgupta, Purnaba, Mackenzie, Andrew, Krishan, Gopal. 2019. Feasibility of water storage in saline aquifers for drought resilience. Water Future Conference towards a sustainable water future at Bangaluru, September 24-27, 2019

2. Krishan, Gopal, Dasgupta, Purnaba, Mackenzie, Andrew, Kumar, CP, Burman, D, Mandal, UK, Chaudhary, Anju. 2019. Sunderban Kshetra mein mitti pani ke mudde aur sambhavit prabandhan. In proceedings of “Rastriya Hindi Jal Sangosthi”, December 16-17, 2019 at National Institute of Hydrology, Roorkee

5. भविष्य

एक्विफर स्टोरेज एंड रिकवरी (एएसआर) मौजूदा और भविष्य की मीठे पानी की मांगों को पूरा करने के लिए जल संसाधनों के प्रबंधन का एक तरीका है। यह बाद में ठीक होने और उपयोग के लिए सतह के पानी की आपूर्ति जैसे कि पीने योग्य पानी, पुनः प्राप्त पानी (यानी बारिश का पानी), या नदी के पानी को जलभृत में बदल देता है।

ज्यूपिटर नोटबुक (बैकएंड प्रोग्रामिंग भाषा के रूप में पायथन) का उपयोग करके उत्पन्न मॉडल द्वारा यह अच्छी तरह से प्रदर्शित किया गया है, कि एएसआर सिस्टम भारतीय सुंदरबन में अन्य विकल्पों की तुलना में कम कीमत पर बहुत बड़ी मात्रा में भंडारण प्रदान कर सकता है। आगे बढ़ने वाली चुनौतियाँ एएसआर सिस्टम की सफलता का परीक्षण करने, सिस्टम के प्रदर्शन का अनुकूलन करने और उम्मीदों को उचित रूप से निर्धारित करने के लिए हैं।

द्वितीय चरण में: मॉडल प्रदर्शन का परीक्षण करने वाले विभिन्न परिदृश्यों के तहत क्षेत्र की स्थितियों में अवधारणात्मक एएसआर तकनीक को निष्पादित किया जाएगा।

अगला अध्ययन

1. दासगुप्ता, पूर्णाबा, मैकेंजी, एंड्रयू, कृष्ण, गोपाल। 2019. सूखे के लचीलेपन के लिए खारा जलभृतों में जल संग्रहण की व्यवहार्यता। बंगालुरु में एक स्थायी जल भविष्य की ओर जल भविष्य सम्मेलन, 24-27 सितंबर, 2019

2. कृष्ण, गोपाल, दासगुप्ता, पूर्णाबा, मैकेंज़ी, एंड्रयू, कुमार, सीपी, बर्मन, डी, मंडल, यूके, चौधरी, अंजू। 2019. सुंदरबन क्षत्र मे मिति पानि के मुदित अउ संभवित प्रबन्धन। "राष्ट्रीय हिंदी जल संगोष्ठी" की कार्यवाही में, दिसंबर 16-17, 2019 नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ हाइड्रोलॉजी, रुड़की में

11

Back Cover Photo: Field, Sundarbans (Emma Bennett, IUKWC)

INDIA-UK
Water Centre
भारत-यूके
जल केन्द्र

Natural
Environment
Research Council

सत्यमेव जयते

UK Centre for
Ecology & Hydrology

@IndiaUKWater

www.iukwc.org