Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta tropického zemědělství

Katedra udržitelných technologií

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta tropického zemědělství

Kontaminace pitné vody arsenem v Bangladéšské lidové republice

Bakalářská práce

Praha 2016

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Krepl, CSc.

Vypracoval:

Ondřej Kos

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta tropického zemědělství

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ondřej Kos

Trvale udržitelný rozvoj tropů a subtropů

Název práce

Kontaminace pitné vody arsenem v Bangladéšské lidové republice

Název anglicky

Contamination of drinking water by arsenic in The People´s Republic of Bangladesh

---

Cíle práce

Cílem práce bylo zhodnotit problém kontaminace vody arsenem v Bangladéši použitím DPSIR modelu. Pomocí DPSIR modelu byla situace analyzována a byly porovnány jednotlivé složky modelu. Mezi jednotlivé složky patří hnací síly, tlaky, stát (půda, podzemní a povrchová voda), dopady a odpovědi. Dále v práci byla zahrnuta analýza zainteresovaných subjektů, která se vším úzce souvisí a je propojená. Hlavním cílem práce bylo zhodnotit příčiny a důsledky kontaminace arsenem, a nalézt nejefektivnější řešení, které bude účinné, finančně dostupné a udržitelné. Dále navrhnout další možná řešení, která by přispěla k výraznému zlepšení situace v oblasti pitné vody v Bangladéši.

Metodika

Práce byla pojata jako literární rešerše, jejíž cílem bylo vytvořit kritický přehled současných znalostí o konkrétním tématu. Elektronické zdroje zahrnují především vědecké články a výroční zprávy. Články jsou z vědeckých databází Web of Science, Scopus a Science Direct. Hlavními zdroji, byly vědecké práce a materiály z oficiálních webových stránek World Health Organization, které se zabývají kontaminací arsenem, a to zejména v rozvojových zemích konkrétně v Bangladéši.

Doporučený rozsah práce

35 – 50 stran

Klíčová slova

Arsen, Bangladéš, DPSIR model, pitná voda, purifikace vody

Doporučené zdroje informací

Ahmad J, Goldar B, Misra S. 2005. Value of arsenic-free drinking water to rural households in Bangladesh. Journal of Environmental Management 74(2): 173-185.

British Geological Survey. 2015. Bangladesh. Available at http://www.bgs.ac.uk/arsenic/bangladesh: Accessed 2015-11-28.

Hossain MF. 2006. Arsenic contamination in Bangladesh an overview. Agriculture, Ecosystems & Environment 113(1): 1-16.

Marin AR, Masscheleyn PH, Patrick Jr. 1992. The influence of chemical form and concentration of arsenic on rice growth and tissue arsenic concentration. Plant and Soil 139(2): 175-183.

WHO. 2015. Health through safe drinking water and basic sanitation. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/en/: Accessed 2016-02-03.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FTZ

Vedoucí práce

doc. Ing. Vladimír Krepl, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra udržitelných technologií

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2016

doc. Ing. Jan Banout, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2016

doc. Ing. Jan Banout, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 04. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Kontaminace pitné vody arsenem v Bangladéšské lidové republice vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uváděné v seznamu použité literatury.

V Praze dne.....

…….....

Ondřej Kos

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Vladimíru Kreplovi, CSc., za poskytnuté rady, jeho vstřícný přístup a věnovaný čas. Dále bych také chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za jejich podporu a trpělivost.

Abstrakt

Karcinogenní toxin arsen (As) se běžně vyskytuje v přírodě. Způsobuje různé chronické nemoci, jako jsou změny kůže, selhání orgánů a různé typy rakoviny. Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje maximálně 10 μg/L jako bezpečnou hodnotu k pití. V případě Bangladéše vzrostla koncentrace až na 2000 μg/L. Očekává se, že 35 až 77 milionů lidí používá kontaminované vody jako pitný zdroj. Přesný stav krize arsenu není jednoznačně znám. V této literární rešerši se posuzuje problém zavedením modelu DPSIR, který slouží jako nástroj na všechny problémy, příčiny a možná řešení kontaminace arsenu.

Po prvním kroku se ukázalo, že nejzávažnější příčinou vysoké kontaminace je přirozený výskyt arsenu v podloží Bangladéše. Je to způsobeno zvětráváním himalájských hor. Kromě toho existují důkazy, že koželužské odvětví společně s odvětvím barev, laků a nátěrů, přispívají ke krizi této toxické látky. Všechny průmyslové činnosti, které vytlačují a vypouštějí látku do životního prostředí, by měly být mapovány s cílem vytvořit podmínky na kontrolu a sledování činnosti průmyslu.

Jelikož se karcinogenní toxin vyskytuje hojně v půdě, je třeba hledat řešení, jak získat vodu bez této látky. Podíváme-li se na současné techniky, tak hlubinné studny (DTW) jsou méně znečištěné než povrchové studny (STW), které jsou instalovány po celé Bangladéši. Existují k dispozici také techniky, které jsou schopny odstranit arsen z pitné vody, a povrchové vody purifikovat od patogenů. Vzhledem k tomu, že peníze jsou potřeba pro instalaci infrastruktury, občané by měli být připraveni uhradit část ze svých příjmů. Avšak nelze vyloučit korupci ve spolupráci s bangladéšskou vládou a nevládními organizacemi.

Posledním důležitým řešením je vzdělání, poskytované národní neziskovou organizací (NGOs). NGOs může zvýšit povědomí mezi občany o problému, učit občany jak rozpoznat příznaky otravy arsenem, zapojit občany do vědy, s cílem zmapovat všechny kontaminované oblasti a zvýšit ochotu platit za infrastruktury, které přispívají k dostupnosti pitné vody bez obsahu arsenu.

KLÍČOVÁ SLOVA:

arsen, Bangladéš, DPSIR model, pitná voda, purifikace vody

Abstract

The carcinogenic toxin arsenic (As) is commonly present in nature and causes chronic diseases such as skin changes, organ failure and different types of cancer. The World Health Organization (WHO) recommendsa maximum of 10 µg/L as a safe value to drink, but in the case of Bangladesh the concentrationsrise up to 2000 µg/L. Although it is expected that 35 up to 77 million people are using arsenic-contaminated water as drinking source, the exact size and state of the arsenic crisis is unknown. In this literature research,a problem assessment was done by implementing the DSPIR model as an instrumentto find all the problems, causes and possible solutions of arsenic contamination.

After this first step, it became clear that the most important cause of the high contamination is the natural occurrence of arsenic in the subsoil of Bangladesh, derived by the weathering of Himalayanrock. Besides that, there is evidence that paint and tannery industries contribute to the arsenic crisis. Therefore, all industrial activities that expel and discharge arsenic into the environment should be mapped in order to create policies as a legal instrument to control and monitor activities from the industry.

Since arsenic is so abundant in the soil, solutions should be sought in the obtaining of arsenic-free water. Looking at current techniques, deep tube wells (DTW) are less contaminated with arsenic than shallow tube wells (STW) that are installed all over Bangladesh. Furthermore, there are techniques available which are able to remove arsenic from the drinking water and to treat surface waters from pathogens. Because money is needed for the installation of infrastructure, citizens should be prepared to pay a part of their income to a new independent third party, a cooperation between the government of Bangladesh and NGOs, to exclude possible corruption.

As a last important solution, education given by NGOs can raise acceptance and awareness among citizens, learn citizens how to recognize symptoms of arsenic poisoning, involve citizens into science in order to map all contaminated wellsand increase the willingness to pay for infrastructure that contributes to the availability of arsenic-free drinking water.

KEY WORDS:

arsenic, Bangladesh, DPSIR model, drinking water, purification of water

Obsah

1. Úvod 1
2. Cíl práce 2
3. Metodika 3
4. Literární rešerše 4
   4.1. Základní informace 4
      4.1.1. Definice problému 5
   4.2. Posouzení problému 7
      4.2.1. DPSIR model 7
      4.2.2. Popis DPSIR komponentů 7
         4.2.2.1. Hnací síly a tlaky (DP) 7
         4.2.2.2. Stav (S) 9
         4.2.2.3. Dopady (I) 11
         4.2.2.4. Odpovědi (R) 14
      4.2.3. Analýza zainteresovaných subjektů 18
         4.2.3.1. Občané 18
         4.2.3.2. Zemědělský sektor 21
         4.2.3.3. Vláda Bangladéše 22
         4.2.3.4. Průmysl 23
         4.2.3.5. Mezinárodní organizace 24
         4.2.3.6. Nevládní neziskové organizace (NGOs) 27
         4.2.3.7. Síť zájmu a moci 28
5. Diskuze a doporučení 31
6. Závěry 38
7. Reference 39

Seznam obrázků (grafů)

Obrázek 1: Umístění Bangladéše 4
Obrázek 2: Mapa ukazuje přípustnou hodnotu arsenu bezpečné (bílé tečky) a závadné (černé tečky) pitné vody v Bangladéši 6
Obrázek 3: DPSIR model kontaminace arsenem v Bangladéši..... 7
Obrázek 4: Rozšíření kontaminace podzemních vod arsenem..... 10
Obrázek 5: Difuzní keratóza (ztluštění kůže na dlaních) 12
Obrázek 6: Difuzní keratóza (ztluštění kůže na dlaních) 12
Obrázek 7: Voda ze studně kontaminovaná arsenem..... 16
Obrázek 8: Programy podporující vzdělávání občanů 17
Obrázek 9: Difuzní keratóza (ztluštění kůže na chodidlech)..... 18
Obrázek 10: Povrchová vodovodní studna..... 19
Obrázek 11: Podzemní vodovodní studna..... 20
Obrázek 12: Síť zájmu a moci se všemi zainteresovanými strany ve vztahu k arsenu .. 29
Obrázek 13: Možnosti technických postupů úpravy vody kontaminované arsenem 34
Obrázek 14: Technologie na odstranění arsenu..... 34
Obrázek 15: Situace problematiky ve většině venkovských oblastech Bangladéše..... 37

Seznam zkratek použitých v práci:

AIDS - Acquired Immune Deficiency Syndrome (Syndrom získaného selhání imunity)

As - arsen

BAMWSP - Bangladesh Arsenic Mitigation Water Supply Project

BRAC - Bangladeshi Rural Advancement Committee

BRWSSP - Bangladesh Rural Water Supply and Sanitation Project

BWSPP - Bangladesh Water Supply Programme Project

CAD - Coronary Artery Disease (koronární aterotrombotická nemoc)

DOE - Department of Environment

DPSIR - Driving force, Pressure, State, Impact, Response (hnací síla, tlak, stát, dopad, odpověď)

DTW - deep tube wells (hluboké vodovodní studny)

dw - dry weight (suchá hmotnost)

EPA - Organizací spojených národů pro životní prostředí

HAsRFs - Household As Removal Filters

HPTW - Hand Pumped Tube Well

kg - kilogram

km - kilometr

L - litr

NGOs - Non-governmental organizations (Národní neziskové organizace)

OSN - Organizace Spojených Národů

pH - potential of hydrogen (potenciál vodíku)

STW - shallow tube wells (povrchové vodovodní studny)

UFF - Urea Fertilizer Factories

UNICEF - United Nations International Children Fond (Dětský fond OSN)

USD - americký dolar

WARPO - Water Resource Planning Organization

WASH - Water, sanitation and hygiene

WHO - World Health Organization (Světová Zdravotnická Organizace)

μg - mikrogram

1. Úvod

Voda je přírodní element, který je neodmyslitelným zdrojem pro lidstvo a udržitelný sociálně-ekonomický rozvoj. Voda vždy byla a bude jedním z nejdůležitějších zdrojů, protože bez vody by nebylo žádného života, jídla či budoucnosti. Země by neexistovala tak, jak ji známe dnes.

Jedním z hlavních, celosvětových problémů je nedostatek pitné vody na Zemi. Je to způsobeno několika příčiny, a to sice nárůstem lidské populace, nadměrným plýtváním vodních zdrojů, nebo průmyslovým využitím a jeho znečištěním.

V současné době nemá přístup k pitné vodě 750 milionů lidí, což představuje každého devátého člověka na Zemi (WHO & UNICEF, 2014).

Ročně umírá kolem 840 tisíc lidí v důsledku konzumace kontaminované vody, což představuje 2300 lidí denně. Kontaminace vody je převážně způsobena viry, bakteriemi, různými chemikáliemi či těžkými kovy. To je hlavním důvodem onemocnění obyvatel v rozvojových zemích. Voda obsahující vyjmenované prvky bere každým rokem více životů než války či AIDS (Prüss- Üstün et al., 2014). Pro tento globální problém je potřeba zajistit účinné řešení a ekonomicky výhodné technologie či postupy, pro snadnou a udržitelnou úpravu vody.

Důvodem pro sepsání práce byl zájem o prohloubení vědomostí, z oblasti problematiky kontaminace pitné vody arsenem v Bangladéši. Zjištění příčiny a důsledků kontaminace, a doporučení nejvhodnější technologie či metody na odstranění. Dále také pomoc nástroje DPSIR modelu, který pomáhá analyzovat a porovnávat jednotlivé složky modelu.

2. Cíl práce

Hlavním cílem práce bylo posouzení vzniklé krize ohledně kontaminace vody arsenem v Bangladéšské lidové republice a navrhnutí metody pro snížení koncentrace arsenu, které bude účinné, finančně dostupné a udržitelné. Dále doporučit další možné metody a technologie, které by přispěly k výraznému zlepšení situace v Bangladéši.

Specifickým cílem práce bylo zhodnotit příčiny a důsledky kontaminace vody arsenem v Bangladéšské lidové republice použitím DPSIR modelu. Dále zjistit jaké jsou hlavní faktory způsobující krizi, a které zúčastněné strany se podílejí na problému a jak mohou přispět ke zlepšení situace.

3. Metodika

Práce byla pojata jako literární rešerše, kde cílem bylo vytvořit kritický přehled současných znalostí o konkrétním tématu. Elektronické zdroje zahrnují především vědecké články a výroční zprávy. Články jsou většinou z různých vědeckých databází, například: Web of Science, Science direct, SCOPUS, ProQuest Central a jako nástroj byl použit Google scholar.

Hlavními zdroji, byly vědecké práce a materiály z oficiálních webových stránek World Health Organization, které se zabývají kontaminací arsenem, a to zejména v rozvojových zemích konkrétně v Bangladéši. Dalšími zdroji informací byly odborné knihy a články o DPSIR modelu, o kterém se v této práci zmiňuji.

Veškeré literární prameny byly citovány podle pravidel a vzorů Fakulty tropického zemědělství. Preferovaným typem citací v práci byl klasický styl na základě uvedení autora a roku (vzor podle časopisu Ecosystems).

Pomocí DPSIR modelu byla situace analyzována a byly porovnány jednotlivé složky modelu. Mezi jednotlivé složky patří hnací síly (D), tlaky (P), stav (S), dopady (I) a odpovědi (R). Dále v práci byla zahrnuta analýza zainteresovaných subjektů, která se vším úzce souvisí a je propojená.

4. Literární rešerše

4.1. Základní informace

Bangladéš leží v severovýchodní části Jižní Asie. Hranice se rozkládají v části Indického oceánu, konkrétně v Bengálském zálivu a dále na jihozápad, kde se nachází pohoří Himalájí Arakan-Yoma. Země zaujímá plochu o rozloze 147,570 km^2 (Hossain, 2006). Životní prostor poskytuje pro 169 milionů lidí (CIA, 2015).

Největší část této hustě osídlené oblasti je pokryta deltami řek Ganga a Brahmaputra, které se slévají v místě zvaném Meghna, a odtud se řeky vlévají do Bengálského zálivu. I přesto, že se podél břehů řek nachází půda bohatá na živiny, jsou venkovské oblasti Bangladéše pod neustálým tlakem pravidelných záplav. Záplavy jsou způsobeny především kulminačními průtoky řek v monzunovém období. Tyto povodně omezují hospodářský růst a zabraňují venkovským oblastem Bangladéše se plně rozvíjet (Hossain, 2006).

Obrázek 1: Umístění Bangladéše (CIRDAP, 2015).

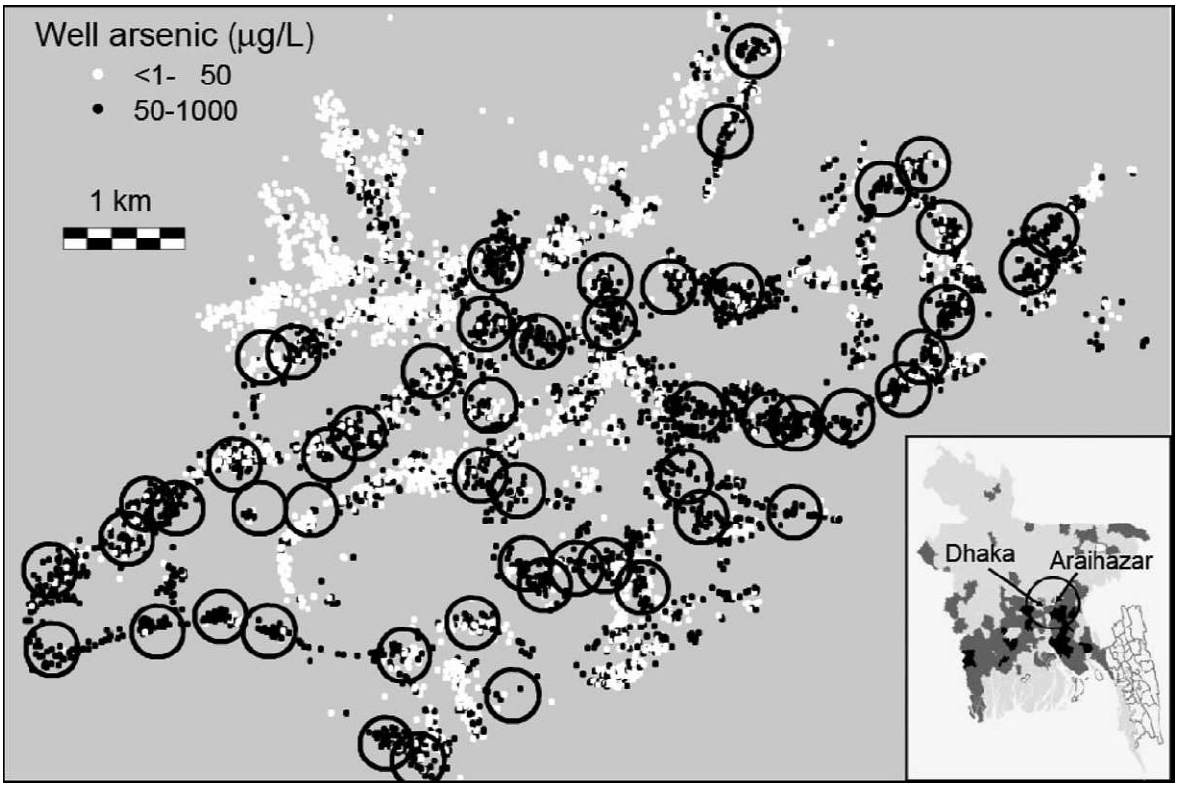
4.1.1. Definice problému

Povrchové vody nesou více bakteriálních a virových patogenů, jako jsou například cholera, či úplavice, než podzemní vody. Je tedy zapotřebí obnovit vodní zdroje, aby se zabránilo propuknutí nemocí z intoxikované vody (Von Brömssen et al., 2014).

Za účelem snížení nákladů na čištění povrchových vod a stále se zvyšující poptávce po vodě, bangladéšská vláda v posledních čtyřech desetiletí instalovala povrchové studny (STW). STW poskytují obyvatelům více kontinuálního a spolehlivého proudění vody. Pocházejí z kolektoru těsně pod povrchem, který odstraňuje bakterie a viry nacházející se ve vodě. Proto podzemní voda představuje asi 97 % vody, která se používá pro spotřebu a zavlažování. Podzemní vody, extrahované z kolektoru těsně pod povrchem země jsou znečištěné jedovatou látkou arsenem (As), která je uznána jako karcinogenní toxin (Hossain, 2006).

Světová zdravotnická organizace (WHO) stanovila jako bezpečnou hodnotu pro pití maximálně 10 μg/L. Podle Flanagana et. al. (2012) může příjem ve vyšší koncentraci způsobit vážné zdravotní problémy, jako jsou například kožní onemocnění, selhání orgánů a různé typy rakoviny. Také bylo dokázáno, že existuje vztah mezi příjmem arsenu a kardiovaskulárními chorobami, či cukrovkou (Flanagan et al., 2012).

V Bangladéši je národní maximální přípustná hodnota 50 μg/L, která je doporučovanou hodnotou WHO, ale je místní vládou soustavně porušována. Koncentrace nalezené v podzemních vodách jsou mnohem vyšší, než je doporučeno, dosahují až 2000 μg/L. Vzhledem k velkému a stále rostoucímu počtu obyvatel 1,8 % ročně, je Bangladéš nucena extrahovat kontaminované podzemní vody za účelem rostoucí poptávky po vodě (WHO, 2015).



Obrázek 2: Mapa ukazuje přípustnou hodnotu arsenu bezpečné (bílé tečky) a závadné (černé tečky) pitné vody v Bangladéši (DPHE, 2001).

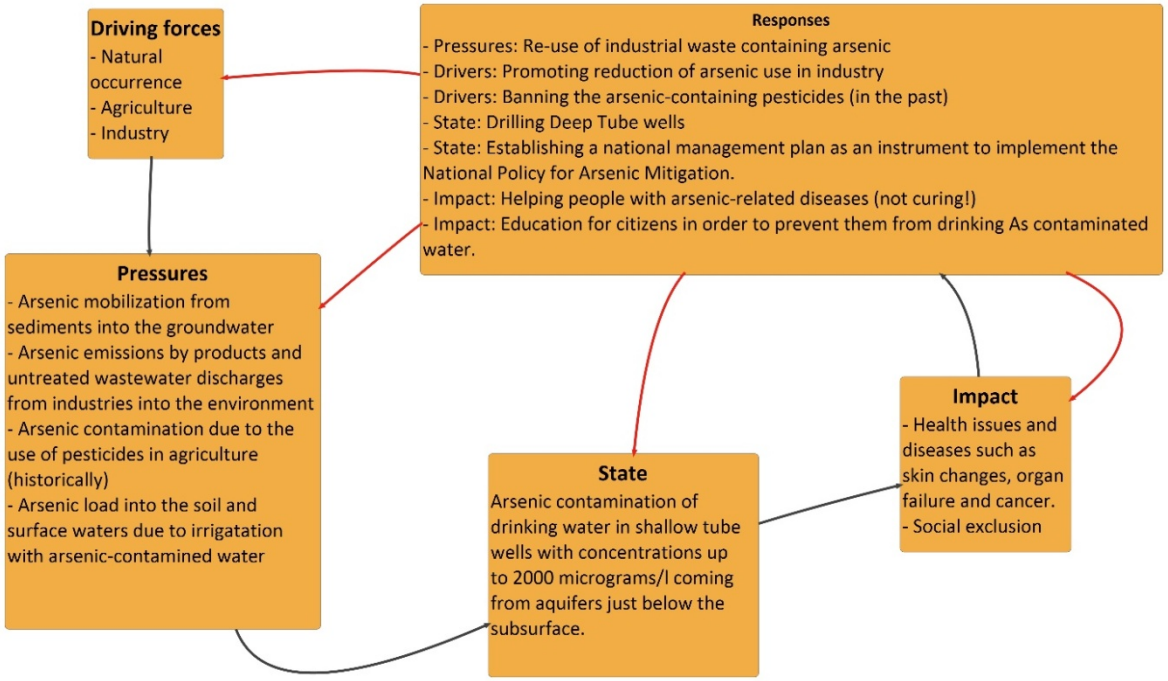
Jak již bylo zmíněno, STW byly nainstalovány vládou ve spolupráci s pomocnými organizacemi ve snaze poskytnout všem obyvatelům Bangladéše ekologicky čistou a bezpečnou pitnou vodu. Podle WHO (2015) „*Safe drinking water is water with microbial, chemical and physical characteristics that meet WHO guidelines or national standards on drinking water quality."* Po několika studiích se ukázalo, že velká část těchto studní jsou kontaminovány, až kolem 29 % (Hossain, 2006).

V tuto chvíli vláda doporučuje občanům využívat povrchovou vodu a vodu z přírodních studní, které se zdají být méně znečištěné. Vzhledem k pochybnostem mezi obyvateli, se lidé často vracejí k používání studní kontaminované arsenem (Hossain, 2006). Intoxikovanou vodu arsenem používá přibližně 35 až 77 milionů lidí, ale přesný stav není znám. Je to způsobeno zejména nedostatkem nástrojů pro sběr informací (Wickramasinghe et al., 2004).

4.2. Posouzení problému

4.2.1. DPSIR model

Všechny hnací síly (D), tlaky na životní prostředí (P), stav a jeho stav kontaminace (S), dopady způsobené otravou a reakcí arsenem (I) a následné odpovědi (R) jsou přijaty na základě různých složek, které jsou popsány v DPSIR modelu níže.



Obrázek 3: DPSIR model kontaminace arsenem v Bangladéši (Borja et al., 2005).

4.2.2. Popis DPSIR komponentů

4.2.2.1. Hnací síly a tlaky (DP)

Vstup arsenu do ekosystému lze rozdělit do dvou hlavních kategorií: přirozený výskyt a antropogenní emise, které budou popsány odděleně níže.

4.2.2.1.1. Přirozený výskyt arsenu

Arsen je metaloidní prvek. Přirozeně a geologicky ho lze nalézt v sedimentech půdního podloží Bangladéše (Jomova et al., 2011; Sutton et al., 2009). Tyto sedimenty

vznikají ze zvětrávání bohatých hornin a okolních pohoří, především Himalájí a jsou uloženy podél řek a jejich oblastí (Sutton et al., 2009). Příčina uvolnění této toxické látky do podzemních vod je stále předmětem diskuze. Hlavním důvodem může být složitost interakce mezi bohatými sedimenty a vodními kolektory (Liao et al., 2011).

Mechanismy, které mohou být zodpovědné za výskyt arsenu v podzemních vodách, jsou například: rozpuštění obsahu arsenu, obsahující oxyhydroxické železo redukující redoxní reakce. Dále oxidací velkým množstvím pyritu, zvětráváním arsenu bohatým na minerály a anaerobní redukční reakcí, v důsledku bakteriální a houbové aktivity redukující stabilitu (Liao et al., 2011; Mandal a Suzuki, 2002). V důsledku podávání organických bakteriálních materiálů do půdního podloží, je pravděpodobně důvod pro výskyt arsenu ve vodovodních studních (Sutton et al., 2009).

Zmíněné mechanismy a množství těchto materiálu přítomných v půdě a podzemních kolektorech jsou určené, jako oxidačně-redukční potenciály. Organické látky jsou hlavním zdrojem energie pro bakterie a plísně. Ty jsou závislé na půdních typech a jejich pH (Mandal a Suzuki, 2002; van Halem, Bakker, Amy & van Dijk, 2009).

4.2.2.1.2. Průmyslové / těžební společnosti

Hornictví, natěračství a koželužské odvětví hrají hlavní roli v problematice znečištění arsenem, neboť vypouštějí odpadní látky do vodních zdrojů. Není jasně stanoveno, že průmysl znečišťuje arsenem životního prostředí. Nicméně jsou některé předpoklady ohledně lidské činnosti, které mají vliv na stav znečištění (Nahar, 2009; Paul, 2004).

Dalším předpokladem kromě možné kontaminace průmyslovým odvětvím může být *"use of arsenic compounds as preservattives in wooden electric utility poles of the Rural Electrification Board"* (p. 1743) a *"hand pumped tube well (HPTW) filters coated with arsenic compounds"* (p. 1743) citováno z článku (Paul, 2004).

Tyto dva předpoklady jsou důkazem toho, že situace je skutečně vážná a nedaří se jí zvládnout, tedy odstranit jedovaté zdroje.

4.2.2.1.3. Zemědělství

Zemědělské aktivity jsou v rozvojových zemích, jako je Bangladéš, velmi běžné. Největší část výživy je na základě zemědělských produktů a derivátů. Lidé vykonávají zemědělskou činnost, aby se uživili. Uvádí se, že půdní kontaminace je částečně způsobena zavlažováním a pesticidy, které byly použity v minulosti. Koncentrace, které byly hlášeny, jsou nad úrovní stanovených parametrů Organizací spojených národů pro životní prostředí (EPA). Také jsou nad limit přípustné hladiny pro použití v citlivých činnostech, jako je pěstování zeleniny určené k lidské spotřebě (Nahar, 2009).

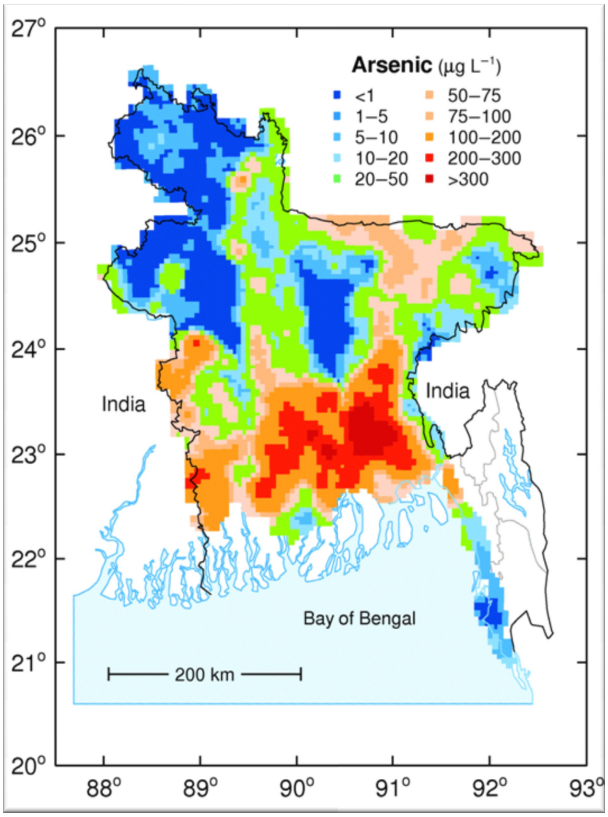
Nejen půda je ovlivněna znečištěním. Jak již bylo zmíněno, nejzávažnější problém je identifikovat kultivary. Kontaminované vody, které se používají pro zavlažovací účely, umožňují arsenu vstoupit do rostlin a touto cestou se dostat až k lidem. To představuje vážný dopad na dostupnost potravin v této oblasti, protože lidé čelí problémům také v jejich výživě. Skutečnost, že ne všechny rodiny trpí onemocněním, dává této problematice velký význam (Hossain, 2006).

Emise arsenu z podzemních vod pocházející ze zemědělství a jiných agregátů, se tímto způsobem dostávají do plodin. Je to vztah akce a reakce s velkým vlivem na veřejné zdraví. I když to přímo nesouvisí s pitnou vodou, tak může způsobit velké sociální a zdravotní důsledky, které nelze oddělit od ztrát způsobených kontaminací pitné vody.

4.2.2.2. Stav (S)

4.2.2.2.1. Podzemní voda

Jak již bylo zmíněno dříve, lidé jsou velmi závislí na zdrojích podzemní vody pro zavlažování a veřejnou či osobní spotřebu. Obrázek 4 ukazuje rozšíření arsenu v Bangladéši, kde jsou již kontaminovány podzemní vody (British Geological Survey, 2015).



Obrázek 4: Rozšíření kontaminace podzemních vod arsenem (British Geological Survey, 2015).

Národní studie provedená v roce 1999, která se zaměřila na úroveň arsenu, ukázala výsledek, že 25 % vzorků vody se dostalo nad standardní rámec 50 µg/L (Tareq, 2015). Naproti tomu, v jejich hlavních studovaných oblastech jako jsou Nawabganj, Faridpur a Lakshmipur, je stav podzemních vod horší než národní studie. Takže ze známých výsledků provedených studií, lze učinit závěr, že kvalita podzemních vod v Bangladéši stále není optimistická.

4.2.2.2.2. Povrchová voda

Zatímco mnohé studie se zaměřují především na arsen v podzemních vodách, tak jen málo studií si všimlo problému povrchových vod. Chowdhury et al. (2015) provedl výzkum, jehož cílem je zjistit dopady arsenu na rybníky a jezera, kde je jeden z mnoha faktorů vedoucích ke kontaminaci. Ve své studii srovnával rybníky, které obsahovaly podzemní vodu získávanou z vodovodních studní, závlahového zemědělství

a přírodních zdrojů. Zjistil, že přírodní zdroj má nižší hladinu arsenu, než je u ostatních kontaminovaných vod. Jelikož rybníky mají blízky vztah k akvakultuře a rybolovu, tak je vhodné o tyto vodní plochy jevit větší zájem a lepé s nimi zacházet.

4.2.2.2.3. Půda

K vysoké kontaminaci půdy vede vyšší koncentrace používání podzemní vody pro zavlažování, než využívání povrchové vody (Rahman et al., 2015). Orná půda v zavlažovací oblasti má hladinu arsenu více než 10 000 μg/kg uvádí (Duxbury a Zavala, 2005).

Kromě toho Brammer & Ravenscroft (2009) zjistil, že koncentrace arsenu v půdě a v závlahové vodě jsou ve vysoké pozitivní korelaci. Tato toxická látka se v průběhu let hromadí v půdě. S přihlédnutím k prevenci před kontaminací půdy, je nutné a nezbytné bojovat proti znečištění všemi dostupnými prostředky.

4.2.2.2.4. Bioakumulace

Vzhledem k půdnímu znečištění, dochází u rostlin k absorpci arsenu díky jejich kořenovému systému. Proto bioakumulace v rostlinách má za následek zdravotní problémy uvedené výše. Rahman et al. (2009) uvádí, že *"the median and mean total As contents in 214 rice grain samples were 131 and 143* μg*/kg, respectively, with a range of 2 - 577* μg*/kg (dry weight, dw)"* (p. 179). Lze dojít k závěru, že denní příjem arsenu obsažený v rýži je 56,4 μg/kg, kde bylo prokázáno, že takové množství má za následek vytváření kožních lézí v kombinaci s vysokým rizikem rakoviny (Rahman et al., 2009).

4.2.2.3. Dopady (I)

Bylo provedeno nesčetně výzkumů, že arsen v pitné vodě je škodlivý pro lidské zdraví. Existuje i mnoho různých onemocnění zapříčiněných tímto karcinogenním toxinem. Zvýšená hladina karcinogenního toxinu může způsobit řadu onemocnění, včetně rakoviny plic, močového měchýře, ledvin a rakoviny jater (NRC, 2001). Jiang et al. (2015) zjistil, že chronická expozice arsenu má pozitivní korelaci se zvýšením

krevního tlaku v průběhu určitého časového období. To může být první příznak toho, že chronická expozice má za následek kardiovaskulární onemocnění, a nebo může vést k onemocnění kůže (Jiang et al., 2015).

Zde jsou charakterizovány některé významné dermatologické vlastnosti, jako je například: difuzní Melanesia (černání těla), tečkovaná Melanesia (pigmentace těla), difuzní keratózy (ztluštění kůže v části dlaní a chodidel), tečkované keratózy (zdrsnění a vysušení kožních lézí) a hřbetní keratózy (Rahman et al., 2001).

Obrázek 5: Difuzní keratóza (ztluštění kůže na dlaních) (Yeh et al., 1968).

Obrázek 6: Difuzní keratóza (ztluštění kůže na dlaních) (UNICEF, 2008).

Ahamed et al. (2006) uvedl, že největší část dotazovaných osob, používá arsenem kontaminovanou pitnou vodu poměrně dlouhou dobu. To má za následek hlášené symptomy spojené s otravou. Z dotazovaných osob, kde jedna osoba vykazovala i více příznaků se zjistilo, že 57,2 % lidí jsou spjati s distální parestézií, 18,7 % lidí uvedlo, že trpí bolestmi končetin a 46,9 % lidí odpovědělo, že mají diagnostikované příznaky distální hypestézie. Výše zmiňované příznaky mají za následek poruchy funkce pohybu distálních končetin, slabost či atrofii (Ahamed et al., 2006).

Karcinogenní toxin má také vážný dopad na těhotné ženy a děti. Kile et al. (2004) zjistil, že ženy, které jsou na začátku těhotenství vystaveny kontaminované vodě, trpí zvýšenou nevolností, zvracením a břišními křečemi. Někteří vědci zkoumali skupiny žen v plodném věku mezi 15. a 49. lety, které byly vystaveny toxickým účinkům v dlouhodobém horizontu. Přišli s předpokladem, že dlouhodobá konzumace pitné vody s obsahem arsenu souvisí s potraty, samovolnými potraty či předčasnými porody (Ahmad et al., 2001). Je to doloženo pupeční krví na transkripční úrovni (Ahmad et al., 2001). Fry et al. (2007) zjistil u matek masivní vliv arsenu díky genovým a fetálním projevům.

Smith et al. (2006) uvedl, že dlouhodobý příjem karcinogenního toxinu má vliv na plíce nenarozeného dítěte. Ten způsobuje, že tyto děti umírají na různé typy plicních onemocnění ještě v ranném stádiu věku (Wasserman et al., 2004). Podle studie Wassermana (2004) v Araihazar Thana Bangladéše, se zvýšenou koncentrací arsenu se snižuje duševní schopnost dětí.

Výsledky, které byly provedeny podle Světové zdravotnické organizace, přesahují chronickou koncetraci arsenu v podzemních vodách o 500 μg/L. To má za následek zhruba o 10 % vyšší úmrtnost pouze u dospělých (Van Halem et al., 2009). Už několik desítek let má úmrtnost dospělých zvyšující se tendenci (Sohail et al., 2009). Roger et al. (2011) potvrdil, že arsen v pitné vodě zvyšuje koronární aterotrombotické onemocnění (CAD) a smrt způsobenou tímto srdečním onemocněním. Výsledek studie Rahmana et. al. (2001) ukazuje, že zvyšující se riziko úmrtí u lidí lze přisuzovat nadměrné koncentraci arsenu v pitné vodě (Rahman et al., 2014).

Kromě fyzického vlivu na lidskou společnost, Hassan et al. (2005) rovněž trval na tom, že tento vliv má velký společenský dopad. Podle Brinkley et al. (2009) a Sarker et al. (2010) je zde velký vliv na duševní zdraví lidí. Pacienti postižení touto nemocí většinou nejsou dostatečně léčeni, jsou izolováni a diskriminováni ze strany ostatních členů společnosti. Také zažívají rodinné problémy a zároveň jsou jim upřená jejich lidská práva, která jsou úzce spjata s tímto onemocněním. V důsledku nízké úrovně vzdělání trpí ženy mentálními problémy více než muži (Brinkley et al., 2009; Sarker et al., 2010).

Arsen v podzemních vodách má účinky nejen na člověka, ale také ovlivňuje bio-systém. Hassan et al. (2015) pozoroval velké rozdíly v mikrobiálních společenstvech mezí 24 získanými vzorky pocházejících ze studní podzemních vod. Anwar et al. (2002) uvedl, že kombinace vysoké koncentrace toxické látky spolu s ostatními prvky, mohou mít aditivní pozitivní vliv na toxicitu v biologickém systému.

4.2.2.4. Odpovědi (R)

Podle modelu DPSIR je možné několik odpovědí. Odpověď může ovlivnit všechny části modelu. Z tohoto důvodu je nutné rozlišovat odpovědi na hnací síly, tlaky, stav a dopady.

4.2.2.4.1. Odpovědi na hnací síly

Vysoké koncentrace arsenu ve vodě v průmyslových oblastech jsou způsobeny koželužským průmyslem a průmyslem vyrábějící barvy, laky, nátěry (Bhuiyan et al., 2011).

V odpadních vodách je překročena doporučená hodnota stanovená vládou Bangladéše. Karcinogenní toxin v odpadních vodách z průmyslového odvětví se mísí s vodou, která se užívá jako pitná voda. Vláda zpracovává hodnoty pro povolené koncentrace v odpadní vodě. Ty jsou stanovené jako Water Resource Planning Organization (WARPO) a Department of Environment (DOE) (Bhuiyan et al., 2011).

Snížení arsenu v průmyslu a v zemědělství je podporováno následovně. Průmysl se snaží recyklovat a znovu využít odpad ke snížení znečištění (Levy, 2006) a vláda zakazuje používání kontaminovaných pesticidů v zemědělství (Hughes et al., 2011). Tím se značně ušetří peníze, jelikož není potřeba kupovat nezpracované nebo nevyužité prostředky (Levy, 2006).

4.2.2.4.2. Odpovědi na tlaky

V roce 1800 až 1900 byl arseničnan používán jako pesticid. Ale již více než 50 let je používání zakázáno. Avšak vzhledem k přetrvávání pesticidů v miliónech akrů půdy jsou oblasti stále těmito zbytky kontaminovány (Hughes et al., 2011).

Vláda přijala opatření, které se týká zákazu používání pesticidů obsahující arseničnan, ale neřeší rekultivaci půdy, tudíž zdravotní problémy zde přetrvávají. To má za následek, že arsen může nadále unikat do vody. Dalším tlakem je přirozený výskyt metaloidního prvku obsahující sedimenty. Tyto sedimenty mohou oxidovat a uvolňovat As. Oxidace se děje v aerobních místech, kde voda není příliš hluboká. Větším počtem hlubinných studní nad povrchovými se sníží množství arsenu ve vodě. Je to způsobeno zamezením kontaktu s oxidujícími sedimenty (Faze et al., 2001).

Vzhledem k investicím je provoz a náklady na veškerou údržbu dosti drahé. Khan et al. (2014) zkoumal ochotu platit za tento provoz a náklady. Průměrné domácnosti byli ochotny zaplatit 5 % svého disponibilního příjmu. Tato hodnota byla zjištěna v regionech s vysokým obsahem arsenu. Zejména instalace hlubinných studní je velice důležitá, aby se budovaly na správných místech. Pomocí lokální geologie lze předvídat místa, s příliš vysokou koncentrací tohoto metaloidního prvku (Ahmed et al., 2006).

Khan et al. (2014) také studoval, jaké jsou lidmi preferované možnosti ke snížení přívodu arsenu. Hlubinné studny byly lidmi hodnoceny jako jedna z nejlepších možností. Dalšími možnostmi byly *"piped water supply, rainwater harvesting, dugwell and HAsRFs (Household As Removal Filters)"* (p. 156).

4.2.2.4.3. Odpovědi na stav

Arsen ve vodě má velký vliv na různé části země. Podle Transparency International (2014) je Bangladéš země s vysokou korupcí uvnitř státu. Míra korupce má vliv na rozhodování vlády v mezinárodních oblastech (Transparency International, 2014).

Od roku 1980 vláda o přítomnosti arsenu v podzemních vodách věděla. Do roku 1990 došlo k nedostatečnému počtu výzkumů a neproběhlo žádné zdravotní zabezpečení. Po konferenci v Bengálsku v roce 1995, se vláda dozvěděla o závažných problémech spojenými s kontaminací vody (Mandal & Suzuki, 2002).

Hlavním impulzem pro změnu byla deklarace World Health Organization, kdy se problém začal řešit. WHO doporučuje maximální hodnotu 10 μg/L a považuje ji za bezpečnou. Maximální přípustná hodnota podle WHO je 50 μg/L. Bohužel v případě Bangladéše to je mnohem vyšší, a to až 1000 μg/L (Mandal & Suzuki, 2002).

V roce 2004 byl vytvořen nový národní manažerský plán, pod který spadá Národní politika pro snižování koncentrace As (Atkins et al., 2007). Cílem je zjednodušit přístup k pitné vodě, a to zejména v oblastech s nejvyšší koncentrací zamoření. Podle nových usnesení, cílem této Národní politiky je zajistit dostatek vody na kritických místech (Hanchett et al., 2002).

Obrázek 7: Voda ze studně kontaminovaná arsenem (Shahan Z., 2010).

4.2.2.4.4. Odpovědi na dopady

Jak již bylo uvedeno, vysoká hodnota arsenu v pitné vodě je pro Bangladéš velkým problémem v oblasti veřejného zdraví. Odpovědi na dopady řeší především zdravotní stránku problémů.

Několik výzkumů potvrdilo, že se snížilo užívání kontaminované vody, v některých venkovských oblastech, kde byli lidé dostatečně informováni o dané problematice. Někteří lidé jsou motivováni provést určité změny v jejich obydlích. Avšak většina lidí věnuje více pozornosti vodě, kterou mají zadarmo, ačkoliv tato voda není pitná (Duyne, 2004; Hanchett, 2002).

S rostoucím povědomím o situaci, roste i potřeba najít vhodné řešení. Proto je velmi důležité vzdělání lidí, dokázat jim vysvětlit všechny možnosti a přesvědčit je o závažnosti problému. To je jedno z nejdůležitějších udržitelných řešení v Bangladéši (Duyne, 2004). Také vzdělávací programy mohou pomoci respektovat veřejné principy a pochopit nové technologie (Hanchett, 2002).

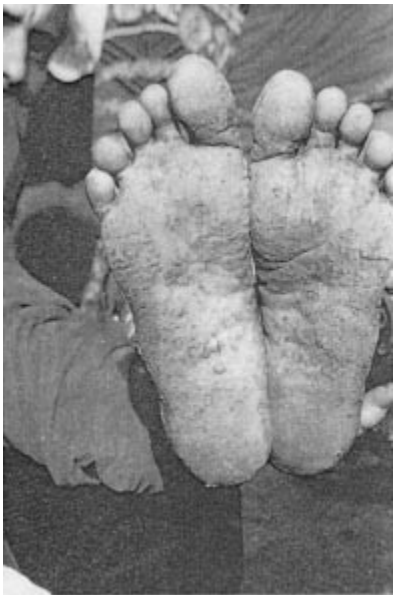
Obrázek 8: Programy podporující vzdělávání občanů (Mahmud S., 2013).

4.2.3. Analýza zainteresovaných subjektů

4.2.3.1. Občané

Od chvíle, kdy jsou občané ovlivněni kontaminací, jsou způsobené i další onemocnění vyskytující se v obličejové části. Lidé trpí nejen fyzickými a psychickými účinky otravy arsenem. Patří sem také nepřímé účinky, které zapříčiňují špatné začlenění se do společnosti. Lidé, kteří mají charakteristické znaky nákazy, jsou vnímáni jako nezapadající do společnosti či vyvrhelové. Také jsou dokonce vyloučeni z veřejných zařízení. Zdraví lidé se jim vyhýbají. (Hassan et al., 2005).

Podle Pavla (2004), si spousta lidí znečištění vody neuvědomuje a nevědí, které příznaky jsou spjaté s intoxikací. To je shledáno jako jedna ze sociálních příčin, proč zdraví lidé směřují urážky na postižené. Neznají skutečný původ tohoto onemocnění.



Obrázek 9: Difuzní keratóza (ztluštění kůže na chodidlech) (Yeh a How, 1963).

O deset let později, výzkum provedený Kahnem et al. (2014) dokazuje, že povědomí mezi bohatými a chudými obyvateli je velmi vysoké. Kolem 32 % všech dotazovaných domácností má alespoň jednoho člena trpícího příznaky touto nemocí.

Porovnáním těchto dvou zcela odlišných studijních výsledků může být zapříčiněno poskytováním vzdělání vládními a neziskovými organizacemi. Dále také

se zvyšujícími zkušenostmi, které lidé s rostoucím množstvím postižených získávají (Hanchett et al., 2002; Duyne, 2004; WHO, 2012).

Avšak občané mohou mít vliv na problém v negativním smyslu. Zejména jejich ignorací doporučení, schválených vládními a nevládními organizacemi. To se odráží v jejich chování, postojích k vládě a vědeckým poznatkům.

Po mnoha studiích, které byly provedeny, se vláda rozhodla uznat krizovou situaci a doporučuje lidem používat povrchové zdroje či přírodní vodu ze studní, než povrchové studně (STW). Nicméně lidé se opět vrátili zpět k čerpání STW, protože je to pohodlnější, než využívat povrchové zdroje a přírodní studny (Hossain, 2006). Tímto rozhodnutím mají lidé zásadní vliv na diskutovanou problematiku.

Obrázek 10: Povrchová vodovodní studna (Institure for Risk & Disaster Reduction, 2014).

Obrázek 11: Podzemní vodovodní studna (Hassan, 2000).

Obyvatelé rizikových oblastí jsou o dost více ovlivněni hodnotou kvality vody, než lidé žijící v méně rizikových oblastech (Kahn et al., 2014). Studie provedena Kahnem et al. (2014) uvádí, že příjmy domácností mezi vysokými a nízkými rizikovými oblastmi se výrazně liší a zvyšuje se riziko otravy. To znamená, že chudí lidé žijí v oblastech s nejvyšším rizikem a musí spoléhat na vodovodní studny, protože mají jen málo možností, jak si zajistit pitnou vodu (Kahn et al., 2014; Ahmadet et al., 2005).

Rozdíl v příjmech umožňuje rozdělit obyvatele do dvou podskupin zúčastněných stran:

1. Chudí lidé, žijící ve venkovských oblastech s vysokým rizikem otravy arsenem.
2. Prosperující, bohatí lidé, žijící v městských oblastech, kteří mají střední či nízké riziko otravy arsenem.

Studie Kahn et al. (2004) a Ahmad et al. (2005) ukazují, že většina dotazovaných lidí až 87 % jsou ochotni zaplatit za infrastrukturu týkající se úpravy vody nebo její extrakce. Avšak ostatní z dotazovaných kolem 13 % nebyli ochotni zaplatit, protože jsou omezeni svými příjmy.

Tímto způsobem chudí lidé nemohou ovlivnit svůj hlavní problém a přispívají k nedostatku pitné vody. To dává chudým lidem, jako sub-zainteresované straně malé množství možností, jak přispět ke zlepšení stavu As. Jelikož většina dotazovaných lidí

jsou ochotni zaplatit za infrastrukturu (Kahn et al., 2014), tak čím dál více z dotazovaných lidí má větší moc, než chudí lidé.

Tím lze dospět k závěru, že zájem a povědomí chudých občanů o otravě arsenem je vysoké. Je to důsledkem zvyšující se snahy státu informovat o tomto onemocnění a problematice. Čím více jsou lidé prosperující, tím méně se o problematiku zajímají, protože žijí v nízko rizikových oblastech (Kahn et al., 2014).

4.2.3.2. Zemědělský sektor

Jak již bylo zmíněno, As v pitné vodě by mohl být velkou hrozbou pro lidskou společnost. Také zdraví zemědělců je přímo ovlivňováno a může to mít negativní vliv na jejich sociální postavení a činnost. Další důležitým kritériem je také to, že ovlivňuje i jejich produkty. Marin et al. (1992) zjistil, že tento karcinogenní toxin by se mohl také dostat do rýže, což by znamenalo snížení celkové sklizně. V té chvíli by zemědělci používali slámu, aby uživili svůj dobytek. Avšak kontaminovaná sláma může vést ke zdravotním problémům u zvířat (Duxburt et al., 2003). Kromě plodin, Das et al. (2004) uvádí, že ryby, které byly vyloveny v podzemních vodách, měli v důsledku toho zvýšenou koncentraci arsenu v těle.

Zájem zemědělců o zlepšení situace je poměrně vysoký. Jsou zde výrazné vlivy na jejich příjmy, které jsou ovlivněny poklesem sklizně či nepříznivými dopady na kvalitu jejich dobytka a rybolovu. Každopádně zemědělci mají také podíl na stavu znečištění arsenem. Někteří výzkumníci zjistili, že nadměrné užívání pesticidů je jedním z hlavních antropogenních faktorů (Bagla & Kaiser, 1996).

Podle Duxbury et al. (2003), použití kontaminované podzemní vody pro zavlažování plodin může způsobit absorpci arsenu. Jsou-li plodiny pěstované ve znečištěné půdě, tak hodnota toxické látky v plodinách bude zvýšená (Larsen et al., 1992).

Z tohoto pohledu se zdá, že zemědělci mají značný vliv na znečištění. Ve skutečnosti většina z nich nemá tu možnost používat a zavlažovat svoji úrodu nezávadnou vodou. Také nemají dostatek peněz anebo znalostí, aby mohli používat

čistou vodu. Závěrem lze říci, že zemědělci mají vyšší zájem, než je vypozorované u občanů. Také jsou obětí a zároveň i příčinou těchto problémů (Bagla & Kaiser, 1996).

Hoque et al. (2000) doporučuje, aby zemědělci povinně testovali studny v jejich blízkosti, a snažili se nalézt rychlé možnosti nezávadné vody. Zheng et al. (2005) navrhl, že by neměli používat podzemní vodu, kde jsou usazeny částice sedimentů s obsahem arsenu, před hydrologickými a chemickými procesy čištění.

4.2.3.3. Vláda Bangladéše

Arsen je problematikou, která ovlivňuje mnoho sektorů státu. Vláda, jako jeden ze sektorů, má největší odpovědnost za situaci. Jedním ze správných kroků pro rozvoj Bangladéše je zapojit a komunikovat s ostatními organizacemi. Podle nedávných studií Khan & Young (2014) většina zúčastněných stran uvedla, že jejich organizační úsilí nemohlo být naplněno, jak bylo plánováno. Jedním z důvodů je především nedostatek spolupráce s místní vládou.

Bangladéšská vláda je hlavním prostředníkem mezi všemi zúčastněnými stranami. Jedním z nejdůležitějších cílů je interakce mezi vládou a dalšími zainteresovanými stranami. To může být cestou k lepšímu porozumění a zlepšení vodohospodářské situace (Ministerstvo vodních zdrojů, 1999).

V roce 2013 se vláda zavázala k dalším potřebným krokům týkajících se rozvoje a ochrany kvality vody, a zároveň zajištění co nejefektivnějšího využívání. Vytvořila regulační předpisy pro prevenci před dalším znečištěním. Dále také předpisy pro ochranu veřejného zdraví a životního prostředí. Dalším významným krokem vlády bylo informovat a poradit se s veřejností o místní situaci. Tyto body usilovaly o vytvoření lepších postupů pro budoucí udržitelnost. Motivace a vzdělávání je zvláště důležitá v rámci získávání místních lidí zapojených do projektů (Alam & Quevauviller, 2013). Vláda se také zavázala k pravidelným revizím vody a k celkovému hospodaření s vodou.

V posledních padesáti letech je zaznamenáno, že rostoucí množství povodní mají velký vliv na bangladéšské oblasti. To je způsobeno změnou klimatu a vede

ke krizovým situacím v zemi. Nová řešení se snaží vláda najít v oblasti vodohospodářství (Alam & Quevauviller, 2014).

Podle posledních údajů se zaměřuje na kritické oblasti. Společně s neziskovými organizacemi a sponzory jsou zaměřeny na pět hlavních bodů, kterými jsou:

1. test všech studní na koncentraci As,
2. prozkoumání možných mechanismů pro kontaminaci podzemních vod,
3. najít možná řešení pro snadný přístup k nezávadné pitné vodě, a to především ve znevýhodněných oblastech životního prostředí,
4. monitorování jednotlivců, kteří mají zvýšené riziko intoxikace,
5. závlaha a její vliv na půdu (Das & Mostafa, 2015).

Politika a právní předpisy jsou neodmyslitelnou součástí vlády ke splnění svých cílů. Bohužel, Bangladéš je známá jako země s vysokou mírou korupce (Transparency International, 2014). Faktem je, že je velice obtížné provést efektivní a udržitelné výsledky. Vláda musí přijmout větší zodpovědnost za ochranu životního prostředí a svých občanů. Musí se i nadále zaměřovat na problematiku pitné vody, protože většina nakažených lidí žije hluboce pod úrovní základních lidských práv. Tím je myšleno nedostatečný přístup k čisté a bezpečné pitné vodě (dle definice WHO). Je nezbytné, aby základní lidská práva byla vymahatelná pro všechny lidi bez rozdílu. (Transarency International, 2014).

4.2.3.4. Průmysl

Koželužský průmysl a průmysl vyrábějící barvy, laky, nátěry jsou jednou z příčin problematiky v Bangladéši (Bhuiyan et al., 2011). *"Data on industrial emissions of arsenic to the atmosphere in Bangladesh are scare, although high concentration of arsenic has been reported in the vicnity of some industrial facilities"* (Mukherjee & Bhattacharya, 2001).

Pozitivním příkladem změny v průmyslu je dán Urea Fertilizer Factories (UFF). UFF používal separační proces Vetrocoke až do roku 1990. Během tohoto procesu

se společně s arsenem vyráběl tekutý odpadní proud (Hug & Wheeler, 1993). Zjistilo se, že tato forma arsenu by mohla ovlivnit životní prostředí. Tudíž v roce 1990 průmysl přešel na Benfield proces, který neobsahuje arsen v tekutých odpadech. UFF změnily procesní kroky, i přesto, že to nebylo dáno nátlakem veřejnosti. Podle Hug a Wheeler (1993), UFF změnily procesy ve svůj prospěch. To je známkou toho, že průmysl nemá žádný zájem o snižování hladiny toxické látky, jestliže to není výhodné i pro ně.

Těžba a průmysl jsou hlavní antropogenní příčiny znečištění. Tudíž by bylo vhodné, kdyby průmyslové podniky byly regulovány vládou. Vláda má dostatečnou moc nařídit předpisy a jejich vymáhání. Politika vlády má tedy za úkol:

1. určit konkrétní zóny pro nový průmysl a případné vypouštění odpadních látek, takovým způsobem, aby vody zůstaly čisté a nezávadné,

2. preventivní předcházení znečištění vody sledováním odpadních látek z průmyslových podniků ze strany státních orgánů, a udržení standardní hodnoty nastavenou WARPO (Water Resource Planning Organization) a DOE (Department of Environment) pro odpadní vody,

3. řešit pokuty za znečištění, takže vyčištění vody může být proplaceno (Ministerstvo vodních zdrojů, 1999).

4.2.3.5. Mezinárodní organizace

4.2.3.5.1. Světová banka

Světová banka byla založena v roce 1944 jako jediná instituce. Od té doby se rozšířila do pěti rozvojových institucí. Jejich cílem je snížit chudobu a pomoci rozvojovým zemím po celém světě. Toho docílí tím, že jim zajistí půjčky s nízkým úrokem, úrokové úvěry zdarma, granty a technickou pomoc. Těmito investicemi Světová banka podporuje mnoho oblastí, jako je zdravotnictví, školství, zemědělství, infrastruktury a přírodní zdroje (World Bank, 2007).

V roce 1993 si vláda uvědomila, že je zde velký problém s vysokou koncentrací As ve studních. Vláda se také dozvěděla, že je více než 64 okresů infikováno, což představuje přes polovinu země Bangladéše. Rozsah problematiky a potenciálního vlivu

na lidské zdraví nebyl jasně definován. Bylo pouze odhadnuto, že miliony lidí závislých na povrchových studních jsou ohroženy na životech, ať už úmrtím či onemocněním. Za účelem zjištění a odhalení skutečného rozsahu problému, byly provedeny série lokalizovaných a izolačních testů s finanční podporou Světové banky z let 1995-1999. Mezitím, zde probíhaly celonárodní studie provedené britskou geologickou službou, které zahrnují kolem 3.500 vodních zdrojů. Výsledky studií nebyly povzbudivé. Bylo uvedeno, že téměř 27 % povrchových studní a asi 35 milionů lidí mohou být ovlivněni karcinogenní látkou (World Bank, 2007).

Vláda žádala o pomoc na mezinárodní úrovni za účelem vyřešení této krize. Od roku 1998 Světová banka sestavila tým, který začal pomáhat vládě v několika rozsáhlých projektech. Projekty byly pojmenovány jako Bangladesh Arsenic Mitigation Water Supply Project (BAMWSP), Bangladesh Water Supply Programme Project (BWSPP) a Bangladesh Rural Water Supply and Sanitation Project (BRWSSP). Sestavený tým Světové banky připsal 174.500.000 USD bangladéšské vládě na tyto projekty (World Bank, 2007).

Sestavený tým Světové banky zaujímal a stále zaujímá klíčovou roli. Jako finanční podporovatel se zapojuje a pomáhá v úsilí o vyřešení této krize a zvyšuje udržitelnost těchto rozsáhlých projektů. Snaží se poskytovat úvěry, nové technologie a zvýšit povědomí lidí o vyskytujících se problémech. (World Bank, 2007).

4.2.3.5.2. Organizace spojených národů dětského fondu (UNICEF)

Situace pitné vody se také týká Organizace spojených národů Dětského fondu (UNICEF). UNICEF, jako první přispívá ke snížení patogenů a spolupracuje s ministerstvem inženýrství pro veřejné zdraví (Smith et al., 2000).

UNICEF byl zahájen v roce 1970, a v té době se zdálo, že občané budou mít zdroj pitné vody bez jakýchkoliv patogenů (UNICEF, 2008; UNICEF, 2013). Bohužel, na počátku v roce 1990 bylo zjištěno, že i voda byla kontaminována arsenem (Smith et al., 2000).

V současné době se UNICEF aktivně podílí na opatřeních ke zmírnění závažnosti situace. Podpořil ministerstvo inženýrství pro veřejné zdraví v prvním

národním průzkumu o studních. Také pomohl zemi najít jasný přehled o problému. Z celkových 4,7 milionů studní, které byly prověřovány na výskyt arsenu, bylo přibližně 1,5 milionů podporováno UNICEF (UNICEF, 2013).

UNICEF podporuje i některé z nejdůležitějších výzkumů zabývající se polními testy. Příkladem je nejslibnější z nich Arsenator Light, který byl vyvinut profesorem Waltrem Kosmusem na Karl Franzens University v Austrálii. Tento výzkum používá kapalné chemikálie, a tím pádem není potřeba zapravovat silné kyseliny do polí (Nahar, 2009; Chakraborti et al., 2010).

Od roku 2000 až do roku 2010, začal UNICEF podporovat vládu v instalaci zařízení pro nezávadnost pitné vody. Dále i pomáhal monitorovat a testovat kvalitu vody. Zároveň se snažil posílit pravomoc vlády. Vláda společně s UNICEF začala podporovat nové léčebné postupy a technologie, jakož i venkovské a městské systémy. Tyto systémy velmi účinně pomáhají oblastem, v nichž jsou limitující, alternativní možnosti zdravotně nezávadné vody (UNICEF, 2008).

4.2.3.5.3. Světová zdravotnická organizace (WHO)

Světová zdravotnická organizace (WHO) umístila As, jako jeden z nejzávažnějších chemických prvků ovlivňujících veřejné zdraví lidí na 10. místo. Z tohoto důvodu má WHO zájem na snižování arsenu ve vodě po celém světě a nejen v Bangladéši, ačkoliv Bangladéš je nejzávažnějším případem (Wickramasinghe et al., 2004). WHO je silnou organizací, neboť se jedná o specializovanou agenturu Organizace spojených národů (OSN), která se zabývá mezinárodním a veřejným zdravím lidí (WHO, 2012).

Úkony WHO k problematice jsou následovné: *"Setting guideline values, reviewing evidence and providing risk management recommendations"* (WHO, 2012). Seznam činností potřebných k omezení šíření arsenu byly nastaveny takto:

1. Ujistit se, že pitná voda s koncentrací nižší než 10 μg/L je k dispozici. To lze provést několika způsoby:

- shromažďování dešťové vody,

- testování zdroje vody a informovat uživatele o výsledku,
- instalace centrálních nebo domácích systémů,
- dělat rozdíly ve studních s koncentrací arsenu nad a pod 10 μg/L,

2. Vystavovat se intoxikaci na co možná nejnižší úrovni.
3. Informovat zdravotnictví o vysokých účincích karcinogenní látky a poskytovat informace, jak se vyhnout jejímu příjmu.
4. Sledovat populaci s vysokým rizikem nákazy. Prvním příznakem intoxikace jsou totiž kožní problémy (WHO, 2010).

4.2.3.6. Nevládní neziskové organizace (NGOs)

Při začlenění nevládní neziskové organizace (NGOs) do síťe zájmu a moci, se organizace zajímá převážně o občany, než o své profesní funkce, což je nezvyklé. Chudí lidé jsou pro NGOs důležití a představují pro organizaci prioritu. V souvislosti s výkonností lze říci, že NGOs nejsou příliš výkonné. Jsou poměrně závislé na finančních dotacích od bangladéšské vlády a věnovaných darech od zainteresovaných institucí (Gauri & Galef, 2005).

Ve studii Gauriho a Galefa (2005) je také uvedeno, že organizace jsou zaměřeny především na poskytování služeb. Poskytované služby zahrnují nezávadnost pitné vody, kanalizaci a zdravotní péči. Gauri a Galef (2005) také studovali jeden z dopadů, kterým se NGOs zabývá. Tím je zvýšení povědomí a vzdělání veřejnosti o kontaminaci.

Das Gupta et al. (2005) uvedl ve své studii spolupráci mezi NGOs a vládou. Ta by poskytovala pouze služby, které by vláda nebyla schopna provést. Například, Christian Aid a Dhaka Community Hospital se zaměřili na programové zásobování vodou (Biswas & Merson, 2008).

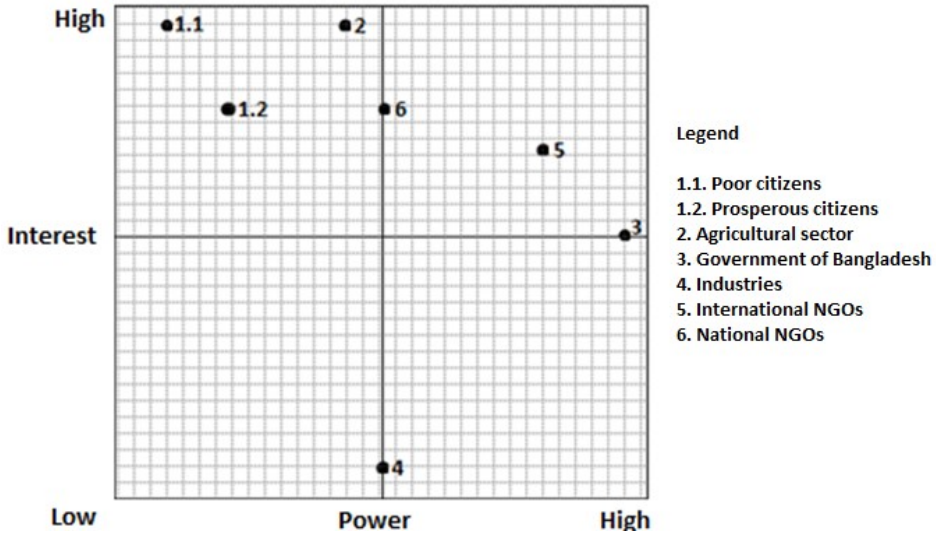
NGOs přispívají pomocí vodních technologií nebo instalačními zařízeními, které jsou přínosné pro zlepšení kvality vody. Některé instituce jako jsou Bangladesh University of Engineering a Technology and Dhaka University (Biswas & Merson, 2008), jsou také zapojeny do řešení krize.

Jedna z největších NGOs v Bangladéši je Bangladeshi Rural Advancement Committee (BRAC). Jeden z cílů BRAC je poskytnout obyvatelům přístup k pitné vodě. Na základě tohoto cíle byl zrealizován projekt s názvem Water, sanitation and hygiene (WASH). V rámci tohoto projektu je povinností BRAC provést instalaci hlubinných studní a poskytnout úvěry na výstavbu zařízení. Tyto zařízení přispívají k udržitelnému zásobování vodou ve venkovských oblastech (Biswas & Merson, 2008). Pro místa zasažena arsenem nabízejí BRAC filtrace. Tím jsou především pískové filtrace a vodovodní, potrubní, zásobovací systém pro zlepšení bezpečnosti vody v těchto oblastech (BRAC ICT, 2013). Stručně řečeno, BRAC tvoří významnou roli při pomoci snížit dopady intoxikace vody.

Nicméně nyní jsou NGOs pod neustálou kritikou a mají velmi slabý vztah s vládou. Je to způsobeno omezením regulačních systému. Regulační systémy poskytují informace o veškeré jejich aktivitě. To zapříčiňuje, že omezení ničí jejich vztah s vládou. Navíc některé malé nevládní organizace zapojené do řešení problému, postrádají dostatečnou finanční podporu. Výsledkem je, že jejich vliv na funkčnost je velice nízká (Gauri & Galef, 2005).

4.2.3.7. Síť zájmu a moci

Ve všech výše uvedených odstavcích je již definováno, proč zúčastněné strany jsou umístěny vysoko nebo nízko podle zájmu či moci. V tomto bodě bude vysvětleno, proč zúčastněné strany zaujímají místo výše či níže s ohledem na další zainteresované strany. Obrázek 12 ukazuje síť zobrazující zainteresované strany, které jsou umístěny podle velikosti moci a zájmu.



Obrázek 12: Síť zájmu a moci se všemi zainteresovanými stranami ve vztahu k arsenu (Mosler et al., 2010).

Chudí lidé a zemědělský sektor jsou v horní části osy zájmu. Oba mají téměř stejný zájem na vypořádání se s krizí. Chudí lidé jsou ovlivněni nejvíce znečištěním, ale zisk zemědělců také závisí na kvalitě vody.

Prosperující lidé mají už nižší zájem na zlepšení situace, protože jsou většinou již zaopatřeni nezávadnou vodou. NGOs mají stejně velké úsilí jako prosperující lidé. Důvodem, proč úsilí NGOs není vyšší je, že poskytnutí čisté a nezávadné pitné vody není jejich hlavní cíl.

Mezinárodní organizace mají nízký zájem. Je to způsobeno tím, že se zaměřují na mnoho dalších problémů na celém světě, než jen na kontaminaci arsenem v Bangladéši. Mezinárodní organizace mají další důležité programy ve svém seznamu k řešení. Nejvyšší prioritou nacházející se v tomto seznamu vzhledem k rozsahu je tato problematika.

Bangladéšská vláda se dá rozdělit na dvě strany. Na jedné straně je spousta politiků hovořících o tom, jak předcházet kontaminaci. Na druhé straně stojí vláda, která nehodlá realizovat myšlenky politiků. Tím dochází ke střetu zájmu.

V dolní části sítě jsou průmyslové podniky. Pro průmyslové podniky je velice drahé odstraňování arsenu z odpadních toků. Průmysl změní proces pouze ve svůj prospěch, nebo kvůli vládní politice. To je také důvod, proč jsou v polovině na síti

moci. Mají tu moc, snížit znečištění z jejich odpadních toků, avšak provádí pouze čistící procesy, které jsou nařízené vládou.

Bangladéšská vláda má největší moc. Může nutit průmysl vybudovat čistírny odpadních vod a dát vzdělání svým občanům. Dále může spolupracovat s mezinárodními nevládními organizacemi a NGOs pro čistou a bezpečnou, pitnou vodu.

Mezinárodní organizace spolupracují úzce s vládou na uplatnění svých znalostí pro léčbu tohoto onemocnění. To samé platí i pro NGOs. Mezinárodní nevládní organizace jsou podporovány v mnoha částech světa a mají větší vliv při tvorbě politiky než NGOs. Odhaduje se, že NGOs mají více či méně stejnou moc jako průmyslové odvětví.

Zemědělský sektor a chudí i prosperující lidé mají nejnižší moc. Je to zapříčiněno nedostatkem prostředků na uskutečnění změn. Prosperující lidé mají tu výhodu, že mohou více investovat do infrastruktury pro čistý zdroj pitné vody, než chudí lidé. Chudí lidé jsou ovlivněni silou ostatních zúčastněných stran, a proto mají nejmenší sílu cokoliv změnit.

5. Diskuze a doporučení

Vyhodnocení bere v úvahu zájem a moc zúčastněných stran. Hodnoceny jsou odděleně a na konci mají vždy obecný závěr o proveditelnosti doporučení. Je třeba poznamenat, že vyhodnocení občanů je vynecháno, protože občané mají zájem na všech možných řešeních. Oni jsou ti, kteří nejvíce těží z čisté a pitné vody. Občané jsou pouze hodnoceni, zda jejich zájem je jiný než z důvodu uvedeného výše, anebo jestli mají tu moc ovlivnit doporučené řešení.

Mezi těchto pět doporučení patří:

1. Mapování průmyslových činností vypouštějící znečištěnou vodu,
2. Vládní politika zabývající se regulací průmyslového vypouštění,
3. Doporučení provedené NGOs regulovat zemědělství a průmysl,
4. Implementace techniky získat pitnou vodu bez obsahu arsenu,
5. Vzdělávat občany o příčině a účincích arsenu v pitné vodě.

1. Mapování průmyslových činností, které vypouštějí vodu obsahující arsen

Průmyslovým vypouštěním bylo prokázáno, že jedním z hlavních zdrojů znečištění je způsobeno lidmi. Mapování průmyslových firem by mohlo být efektivním řešením pro informování obyvatel. Mohli by se tak zbavit nebezpečných vodních zdrojů a tím přispět ke snížení výskytu nemocí. V této situaci má vláda největší moc rozlišovat kontaminované vodní zdroje. Nicméně, vláda je silně závislá na průmyslových podnicích z hlediska ekonomického rozvoje. Takže proces mapování je také ovlivněn průmyslem. Vzhledem k analýze vztahu mají vláda a průmyslová odvětví nízký zájem o mapování obsahu arsenu. Naopak, NGOs jsou ochotni se zapojit do řešení, vzhledem ke svým cílům podporovat chudé. Nicméně jejich síla není dostatečná, a také vláda má vliv na jejich činnost včetně omezení jejich zapojení do problematiky.

Vláda si je vědoma, že korupce může poškodit a ovlivnit jednotlivá odvětví, která pro vládu představují vysoký přínos (Transparency International, 2014). Pro

průmyslová odvětví je užitečnější, pokud nejsou mapovány či upraveny politikou vlády. Toto řešení by bylo možné jen tehdy, jestliže by došlo ke kontrole nezávislou třetí stranou. Tou mohou být NGOs nebo jiné mezinárodní organizace pracující pod smlouvami.

Z pohledu tohoto mapujícího odvětví, které vypouští kontaminované odpadní vody, se naskytuje možný způsob, jak pomoci vyřešit problém znečištění vod. Vláda by měla spolupracovat s NGOs, které přispívají k urychlení celého procesu a pomáhají snížit riziko vystavení se intoxikované vodě. Kromě toho je důležité, aby vláda posílila jejich vymahatelná práva a věnovala více pozornosti svým občanům.

2. Vládní politika zabývající se regulací průmyslového vypouštění arsenu

Tvorba vládní politiky je důležitým způsobem, jak zabránit znečištění pitné vody. Existují dvě zúčastněné strany v tomto řešení. Tím je vláda a průmysl vypouštějící arsen do životního prostředí.

Jak již bylo zmíněno dříve, vláda je známá svou korupcí a snadnou manipulací průmyslem. Tímto způsobem, průmysl prosazuje svojí moc a toto řešení ovlivňuje negativně. Vláda se snaží vytvořit politiku ke snížení emisí podle jednotlivých odvětví. Ta by měla být zavedena na mezinárodní úrovni s cílem kontrolovat dodržování a účinnost. Vláda by se měla také zaměřit na zlepšení komunikace s NGOs, které pracují na případu této krize a snaží se získat další doporučení.

3. Doporučení provedené nevládními organizacemi regulovat zemědělství a průmysl

Je také možné realizovat doporučení ze strany NGOs i mezinárodních organizací pro průmysl a zemědělství, aby omezily vypouštění arsenu. Zemědělství a průmysl mají stejně vysoké postavení, jako tvorba politiky ze strany vlády, nebo mapování továren vypouštějících nebezpečné látky.

Nevládní doporučení mohou zahrnovat omezení vypouštění As či pokuty. Nevládní doporučení vedou ke snížení ziskovosti vlády, takže zájem vlády velmi klesá.

Co se týče mapování Arsenu, průmyslových podniků a zemědělství, tak vláda má možnost odmítnout doporučení nevládních organizací. Všechny tyto vyjmenované složky mají vliv na řešení tohoto problému.

Pomoc od mezinárodních nevládních organizací je nezbytná a může představovat například vybudování předpisů, stanovení standardů a sledování realizace cílu. NGOs musí také získat větší podporu, která bude významným přínosem pro vytvoření předpisů.

4. Implementace techniky získat pitnou vodu bez obsahu arsenu

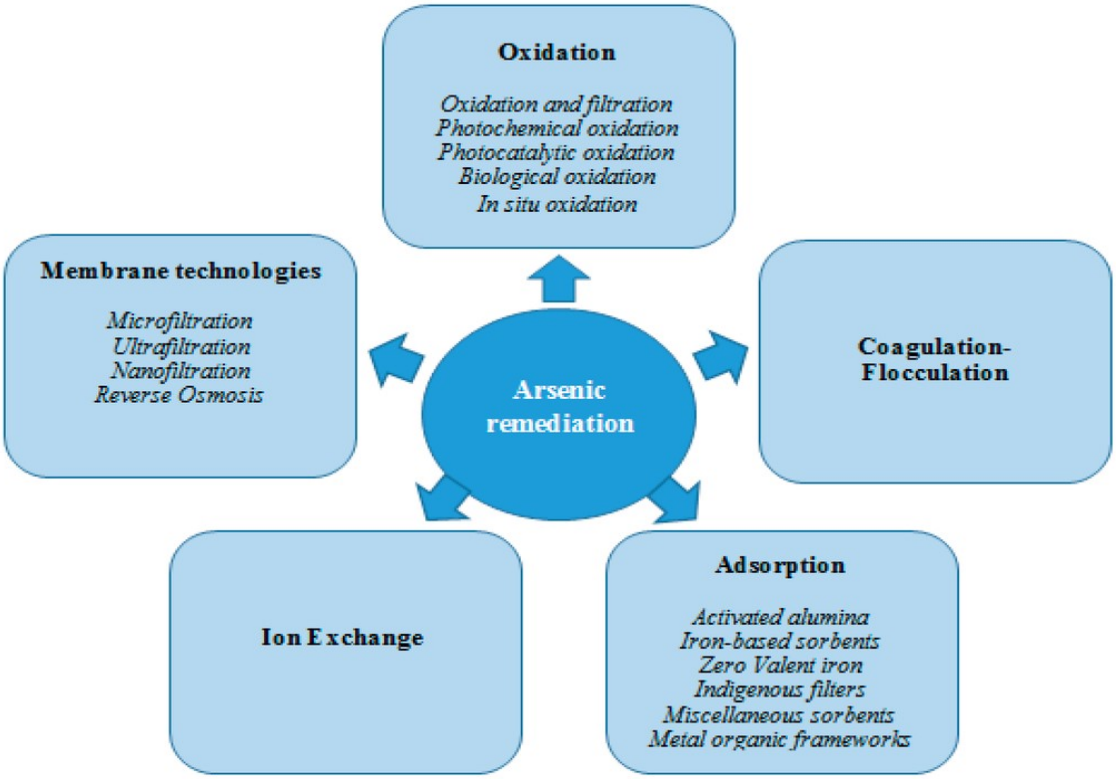
WHO (2004) uvedla, že *„safe drinking water does not represent any significant risk to health over a lifetime of consumption"*. Ale v Bangladéši není téměř žádná voda bezpečná a pitná. Podzemní voda je kontaminovaná arsenem a povrchová voda ještě ke všemu patogeny, které způsobují nemoci pocházející z vody. Proto se doporučuje voda z čističek odpadních vod, která představuje čistou a nezávadnou pitnou vodu.

Tato část bude hodnotit využití povrchových vod, a taktéž se bude týkat nákladů na obnovu a ochotu občanů platit za infrastrukturu.

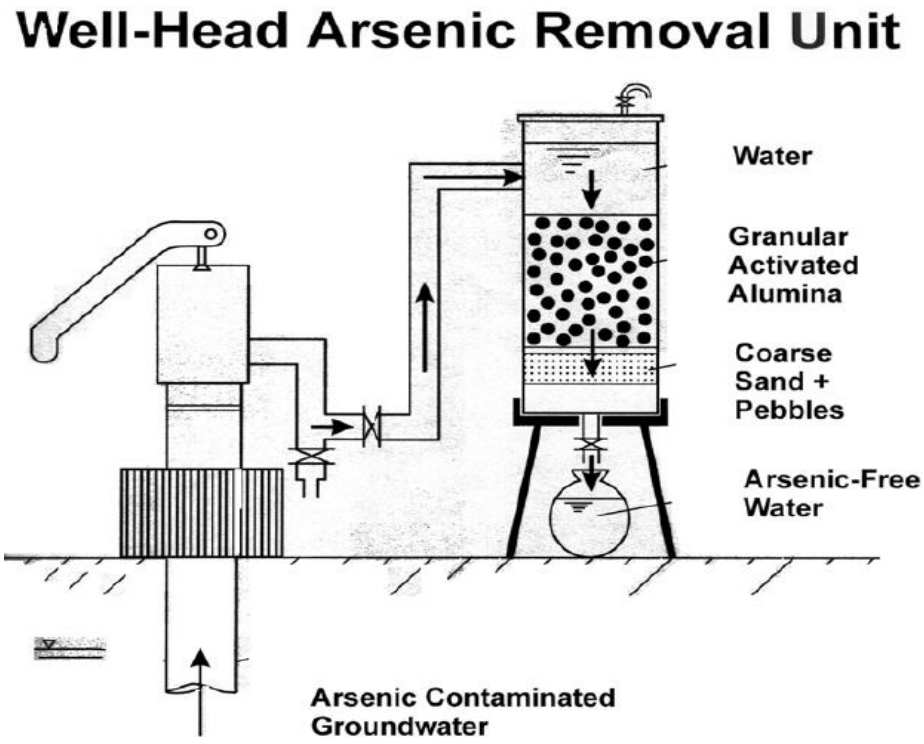
WHO (2004) uvádí, že pro purifikaci patogenů v povrchové vodě je zapotřebí více kroků. Tyto kroky se skládají z před úpravy, koagulace, flokulace, sedimentace, filtrace a dezinfekce.

Pro purifikaci arsenu je zde také několik léčebných procesů. V seznamu níže (WHO, 2004) jsou příklady purifikačních postupů k jeho odstranění. Čím výše je tento proces v seznamu, tím je dražší následující postup:

1. Chemická koagulace
2. Výměna iontů
3. Reverzní osmóza



Obrázek 13: Možnosti technických postupů úpravy vody kontaminované arsenem (Nicomel et al., 2015).



Obrázek 14: Technologie na odstranění arsenu (DeMarco et al., 2003).

Reverzní osmóza a chemická koagulace můžou být použity, jak pro patogenní odstranění, tak i arsen. Náklady a rozhodnutí pro oba kroky ošetření jsou podobné. Rozhodnutí musí být provedeno na základě kvality upravované vody. Voda musí projít několik možných léčebných metod, aby se dosáhlo koncentrace 10 µg/L. Technicky je to proveditelné (WHO, 2004). Tato hodnota je maximální koncentrací doporučenou Světovou zdravotnickou organizací.

Pro odstranění patogenních látek není nikdy jistota, že jsou odstraněny všechny. Vždy je možnost, že některé patogeny zůstanou ve vodě, a podle (WHO, 2004), *„outbreaks of waterborne disease may affect large numbers of persons, and the first priority in developing and applying controls on drinking-water quality should be the control of such outbreaks."* V tomto zhodnocení je lepší odstranit arsen z podzemní vody, než odstranění patogenů z povrchové vody. Tímto způsobem může být zajištěno, že lidé budou mít přístup k čisté, bezpečné a pitné vodě v souladu s definicemi stanovenými WHO.

Vláda má největší moc realizovat stanovená doporučení, protože oni jsou ti, kteří budují čistírny odpadních vod. Může to být provedeno s pomocí národních a mezinárodních nevládních organizací, ale samy o sobě mají nevládní organizace méně možností, než vláda.

K realizaci investic, je zapotřebí peněz. Výzkum provedený Khan et al. (2014) ukázal, že 87% dotazovaných lidí jsou ochotni zaplatit za infrastrukturu. Jak již bylo zmíněno dříve, vzdělávání může zvýšit povědomí občanů o problému, a taktéž je zapojit do vědy a výzkumu. Vzdělání vyvolává přijetí mezi občany a zvyšuje procento lidí, ochotných platit za infrastrukturu. Takže když občané budou dávat vždy malou část svých průměrných, ročních příjmu vládě, tak peníze budou k dispozici na investice do infrastruktury. Role vlády v tomto je instalovat infrastrukturu, ale protože v mnoha rozvojových zemích je známá korupce vlády, tak je velice obtížné kontrolovat financované peníze. Toto je bod, kde by měly být zapojeny nevládní organizace. Také by měla být vytvořena nová, třetí, nezávislá strana, která bude spolupracovat s vládou a nevládními organizacemi. Třetí strana by vybírala peníze na infrastrukturu a výzkum týkající se problému arsenu. Tímto způsobem by mohly nevládní organizace sledovat, kde jsou finanční prostředky vynakládány.

Takže závěrem lze říci, že instalací infrastruktury k získání nezávadné, pitné vody by bylo možné jen tehdy, když se aplikuje integrovaný způsob se zapojením občanů a nevládních organizací.

5. Vzdělávat občany o příčině a účincích arsenu v pitné vodě

Vzdělání je jedna z nejdůležitějších věcí ve vývoji. Z hlediska zúčastněných stran mají všichni zájem na vzdělávání v této problematice. Je velice důležité motivovat tyto skupiny lidí a vytvořit určitý tlak na podporu lepšího vzdělávání. Největším, národním problémem je odlišný podíl na úrovni moci. V této oblasti je velký potenciál prokázat znalosti ve všech odvětvích a rozvíjet lepší podmínky pro každého.

Z mého pohledu existují způsoby, které mohou podporovat strategii výuky v Bangladéši. Je to jen otázka vzájemného tlaku skupin na vládu, aby podpořila konkrétní vzdělávací programy pro všechny občany. Velkého potenciálu lze snadno dosáhnout s pomocí vládních útvarů, národních a mezinárodních nevládních organizací.

Poslední doporučení může mít nejzávažnější vliv na řešení. Pokud lidé znají příčiny a následky problematiky, tak mohou zabránit, nebo se alespoň vyhnou sociálnímu vyloučení ze společnosti. Toto doporučení je také nejschůdnější, neboť může být prováděno na všech zúčastněných stranách.

Doporučení implementace technik je proveditelné, jestliže občané přispívají svou investicí do infrastruktury a úpravy vody. Doporučení ze strany NGOs je méně proveditelné, než dvě výše uvedené. Důvodem je, že nemá dostatečnou moc k realizaci těchto doporučení a je závislá na bangladéšské vládě.

Všechny z těchto řešení mohou přispět ke zlepšení situace, když budou použity dohromady a integrovaným způsobem.

Obrázek 15: Situace problematiky ve většině venkovských oblastech Bangladéše (Islam, 2013).

6. Závěry

Po důkladném prostudování informací a zjištění příčin a důsledků kontaminace, lze konstatovat, že situace v Bangladéši není příliš optimistická. Pomocí DPSIR modelu, který byl v práci použit se došlo k následujícím skutečnostem.

Arsen jako metaloidní prvek vzniká ze zvětrávání bohatých hornin a okolních pohoří, především Himalájí. Příčina uvolnění této toxické látky do podzemních vod je interakce mezi bohatými sedimenty a vodními kolektory. Arsen v podzemních vodách má účinky nejen na člověka, ale také ovlivňuje bio-systém. Vláda doporučuje občanům využívat povrchové zdroje a vodu z přírodních studní, které se zdají být méně znečištěné, ale nejsou.

Těžba a průmysl jsou hlavní antropogenní příčiny znečištění. Vysoké koncentrace arsenu ve vodě v průmyslových oblastech jsou způsobeny koželužským průmyslem a průmyslem vyrábějící barvy, laky a nátěry. Zemědělci, ačkoliv nechtějí, tak mají značný vliv na znečištění. Bangladéš je také země s vysokou korupcí uvnitř státu. Míra korupce má vliv na rozhodování vlády v mezinárodních oblastech.

S rostoucím povědomím o situaci, roste i potřeba nalézt vhodné metody a technologie.

Nejvhodnější primární metodou pro snížení koncentrace arsenu po organizační stránce je vzájemná spolupráce bangladéšské vlády, mezinárodních organizací a NGOs se zapojením občanů. Taktéž vzdělávání lidí vede k výraznému zlepšení situace, k urychlení celého procesu a pomáhá snížit riziko onemocnění.

Po technologické stránce lze snížit koncentraci arsenu instalováním infrastruktury hlubinných studní či purifikací povrchových a podzemních vod. Purifikace lze provést například chemickou koagulací, ošetřením pomocí reverzní osmózy nebo výměnou iontů.

Závěrem lze říci, že aplikováním integrovaného způsobu se zapojením organizačních a technologických postupů lze dosáhnout snížení kontaminace pitné vody arsenem a zlepšení situace v Bangladéšské lidové republice.

7. Reference

Ahamed S, Sengupta MK, Mukherjee SC, Pati S, Mukherjee A, Rahman MM, Chakraborti D. 2006. An eight-year study report on arsenic contamination in groundwater and health effects in Eruani village, Bangladesh and an approach for its mitigation. Journal of health, population and Nutrition: 129-141.

Ahmad J, Goldar B, Misra S. 2005. Value of arsenic-free drinking water to rural households in Bangladesh. Journal of Environmental Management 74(2): 173-185.

Ahmad SA, Sayed MH, Barua S, Khan MH, Faruquee MH, Jalil A, Talukder HK. 2001. Arsenic in drinking water and pregnancy outcomes. Environmental Health Perspectives 109(6): 629.

Ahmed MF, Ahuja S, Alauddin M, Hug SJ, Lloyd JR, Pfaff A, Van Geen A. 2006. Ensuring safe drinking water in Bangladesh. SCIENCE-NEW YORK THEN WASHINGTON 314(5806): 16-87.

Ahmed MF. 2001. An overview of arsenic removal technologies in Bangladesh and India. In Proceedings of BUET-UNU. Dhaka: International Workshop on Technologies for Arsenic Removal from Drinking Water, p5-7.

Alam MM, Quevauviller P. 2013. A Comparative analysis of Bangladesh Water Management Practice with European Water Framework Directives. Engineering International 1(2): 48-60.

Alam MM, Quevauviller P. 2014. An evaluation of Integrated Water Resources Management (IWRM) activities in Bangladesh. Asia Pac. j. energy environ 1(1): 22-38.

Anawar HM, Akai J, Mostofa KMG, Safiullah S, Tareq SM. 2002. Arsenic poisoning in groundwater: health risk and geochemical sources in Bangladesh. Environment International 27(7): 597-604.

Atkins P, Hassan M, Dunn C. 2007. Poisons, pragmatic governance and deliberative democracy: The arsenic crisis in Bangladesh. Geoforum 38(1): 155-170.

Bagla P, Kaiser J. 1996. India's spreading health crisis draws global arsenic experts. Science 274(5285): 174-175.

Bhuiyan MAH, Suruvi NI, Dampare SB, Islam MA, Quraishi SB, Ganyaglo S, Suzuki S. 2011. Investigation of the possible sources of heavy metal contamination in lagoon and canal water in the tannery industrial area in Dhaka, Bangladesh. Environmental Monitoring and Assessment 175(1-4): 633-649.

Biswas WK, Merson J. 2008. The socio-technical challenges of safe water supply in rural Bangladesh. Combating Water Borne Diseases: A Global Perspective ed: 140-161.

Borja A, Galparsoro I, Solaun O, Muxika I, Tello M, Uriarte A. 2005. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. Estuar Coast Shelf Sci 66: 84–96.

BRAC ICT. 2013. Water. Available at http://wash.brac.net/water: Accessed 2016-01-20.

Brammer H, Ravenscroft P. 2009. Arsenic in groundwater: a threat to sustainable agriculture in South and South-east Asia. Environment International 35(3): 647-654.

British Geological Survey. 2015. Bangladesh. Available at http://www.bgs.ac.uk/arsenic/bangladesh: Accessed 2015-11-28.

Central Intelligence Agency (CIA). 2015. The World Factbook. Available at https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2119rank.html#bg: Accessed 2015-11-28.

Centre on Integrated Rural Development for Asia and the Pacific (CIRDAP). 2015. Bangladesh. Available at http://cirdap.org/members-countries/bangladesh/: Accessed 2015-11-28.

Das Gupta A, Singh Babel M, Albert X, Mark O. 2005. Water sector of Bangladesh in the context of integrated water resources management: A review. International Journal of Water Resources Development 21(2): 385-398.

Das HK, Mitra AK, Sengupta PK, Hossain A, Islam F, Rabbani GH. 2004. Arsenic concentrations in rice, vegetables, and fish in Bangladesh: a preliminary study. Environment International 30(3): 383-387.

Das K, Roy D, Mostafa MG. 2015. Sustainable Management for Arsenic (As) Free Safe Drinking Water in Bangladesh: A Review. J Pet Environ Biotechnol 6(228): 2.

DeMarco MJ, SenGupta AK, Greenleaf JE. 2003. Arsenic removal using a polymeric/inorganic hybrid sorbent. Water research 37(1): 164.

DPHE B. (2001). Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh. Summary British Geological Survey WC/00/19(1): 1-15.

Duxbury JM, Zavala YJ. 2005. What are safe levels of arsenic in food and soils. In Behavior of arsenic in aquifers, soils and plants (Conference Proceedings). Dhaka: International Symposium, p1-5.

Duyne JE. 2004. Local initiatives: collective water management in rural Bangladesh (No. 11). New Delhi: DK Printworld. 290p.

Fazal MA, Kawachi T, Ichion E. 2001. Extent and severity of groundwater arsenic contamination in Bangladesh. Water International 26(3): 370-379.

Flanagan SV, Johnston RB, Zheng Y. 2012. Arsenic in tube well water in Bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. Bulletin of the World Health Organization 90(11): 839-846.

Fry RC, Navasumrit P, Valiathan C, Svensson JP, Hogan BJ, Luo M, Mahidol C. 2007. Activation of inflammation/NF-κB signaling in infants born to arsenic-exposed mothers. PLoS Genet 3(11): e207.

Gauri V, Galef J. 2005. NGOs in Bangladesh: Activities, resources, and governance. World Development 33(12): 2045-2065.

Hanchett S, Nahar Q, Van Agthoven A, Geers C, Rezvi MFJ. 2002. Increasing awareness of arsenic in Bangladesh: lessons from a public education programme. Health policy and planning 17(4): 393-401.

Hassan MM, Atkins PJ, Dunn CE. 2005. Social implications of arsenic poisoning in Bangladesh. Social Science & Medicine 61(10): 2201-2211.

Hassan MM. 2000. Approaches to arsenic research in Bangladesh: A review. Journal of the Bangladesh National Geographical Association 27/28(1/2): 45–59.

Hassan Z, Sultana M, van Breukelen BM, Khan SI, Röling WF. 2015. Diverse arsenic- and iron-cycling microbial communities in arsenic-contaminated aquifers used for drinking waterin Bangladesh. FEMS microbiology ecology 91(4): fiv026.

Hoque BA, Mahmood AA, Quadiruzzaman M, Khan F, Ahmed SA, Shafique SAKAM, Hoque MM. 2000. Recommendations for water supply in arsenic mitigation: a case study from Bangladesh. Public Health 114(6): 488-494.

Hossain MF. 2006. Arsenic contamination in Bangladesh an overview. Agriculture, Ecosystems & Environment 113(1): 1-16.

Hug M, Wheeler D. 1993. Pollution reduction without formal regulation: evidence from Bangladesh. World Bank Environment Department Division Working Paper: 1993-39.

Hughes MF, Beck BD, Chen Y, Lewis AS, Thomas DJ. 2011. Arsenic exposure and toxicology: a historical perspective. Toxicological Sciences 123(2): 305-332.

Chakraborti D, Rahman MM, Das B, Murrill M, Dey S, Mukherjee SC, Quamruzzaman Q. 2010. Status of groundwater arsenic contamination in Bangladesh: a 14-year study report. Water research 44(19): 5789-5802.

Chowdhury AN, Samanta S, Manna SK, Sharma AP, Bandopadhyay C, Pramanik K, Mohanty BP. 2015. Arsenic in Freshwater Ecosystems of the Bengal Delta: Status, Sources and Seasonal Variability. Toxicological & Environmental Chemistry (just-accepted): 1-28.

Institute for Risk & Disaster Reduction (IRDR). 2014. Picture front page. Available at https://www.ucl.ac.uk/rdr/irdr/general-news/focus-positive: Accessed 2015-12-12.

Islam Z. 2013. National Water Security Index of Bangladesh: What does it indicate?. Available at http://opinion.bdnews24.com/2013/08/25/national-water-security-index-of-bangladesh-what-does-it-indicate/: Accessed 2016-03-12.

Jiang J, Liu M, Parvez F, Wang B, Wu F, Eunus M, Hasan R. 2015. Association of major dietary patterns and blood pressure longitudinal change in Bangladesh. Journal of hypertension 33(6): 1193-1200.

Jomova K, Jenisova Z, Feszterova M, Baros S, Liska J, Hudecova D, Valko M. 2011. Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. Journal of Applied Toxicology 31(2): 95-107.

Khan NI, Brouwer R, Yang H. 2014. Household's willingness to pay for arsenic safe drinking water in Bangladesh. Journal of environmental management 143: 151-161.

Khan NI, Yang H. 2014. Arsenic mitigation in Bangladesh: An analysis of institutional stakeholders' opinions. Science of the Total Environment 488: 493-504.

Kile ML, Rodrigues EG, Mazumdar M, Dobson CB, Diao N, Golam M, Christiani DC. 2014. A prospective cohort study of the association between drinking water arsenic exposure and self-reported maternal health symptoms during pregnancy in Bangladesh. Environmental Health 13(1): 29.

Kinniburgh DG, Smedley P. 2001. Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh. Department of Public Health Engineering (Bangladesh): British Geological Survey, 630p.

Larsen EH, Moseholm L, Nielsen MM. 1992. Atmospheric deposition of trace elements around point sources and human health risk assessment II: Uptake of arsenic and chromium by vegetables grown near a wood preservation factory. Science of the Total Environment 126(3): 263-275.

Levy BS, Wegman DH, Baron SL, Sokas RK. 2006. Occupational and environmental health: recognizing and preventing disease and injury. United Kingdom: Oxford University Press. 888p.

Liao VHC, Chu YJ, Su YC, Lin PC, Hwang YH, Liu CW, Yu CW. 2011. Assessing the mechanisms controlling the mobilization of arsenic in the arsenic contaminated shallow alluvial aquifer in the Blackfoot disease endemic area. Journal of hazardous materials 197: 397-403.

Mahmud S. 2013. Health workforce in Bangladesh. Available at http://opinion.bdnews24.com/2013/03/24/health-workforce-in-bangladesh/: Accessed 2016-03-24.

Mandal BK, Suzuki KT. 2002. Arsenic round the world: a review. Talanta 58(1): 201-235.

Marin AR, Masscheleyn PH, Patrick Jr. 1992. The influence of chemical form and concentration of arsenic on rice growth and tissue arsenic concentration. Plant and Soil 139(2): 175-183.

Ministry of Water Resources. 1999. National Water Policy. Available at http://wptest.partnersvoorwater.nl/wp-content/uploads/2011/07/WARPO2004_National-Water-Policy.pdf: Accessed 2016-02-04.

Mosler HJ, Blöchliger OR, Inauen J. 2010. Personal, social, and situational factors influencing the consumption of drinking water from arsenic-safe deep tubewells in Bangladesh. Journal of environmental management 91(6): 1316–1323.

Mukherjee AB, Bhattacharya P. 2001. Arsenic in groundwater in the Bengal Delta Plain: slow poisoning in Bangladesh. Environmental Reviews 9(3): 189-220.

Mukherjee SC, Saha KC, Pati S, Dutta RN, Rahman MM, Sengupta MK, Asad KA. 2005. Murshidabad-one of the nine groundwater arsenic-affected districts of West Bengal, India. Part II: dermatological, neurological, and obstetric findings. Clinical Toxicology 43(7): 835-848.

Nahar N. 2009. Causes and distribution of arsenic contamination in Bangladesh: evidence from the literature. Water Policy 11(3): 362-378.

National Research Council (NRC). 2001. Arsenic in Drinking Water. Washington, DC: Nat. Academy Press.

Nicomel NR, Leus K, Folens K, Van Der Voort P, Du Laing G. 2015. Technologies for Arsenic Removal from Water. International journal of environmental research and public health 13(1): 62.

Paul BK. 2004. Arsenic contamination awareness among the rural residents in Bangladesh. Social Science & Medicine 59(8): 1741-1755.

Prüss-Üstün A, Bartram J, Clasen T, Colford JM, Cumming O, Curtis V, Bonjour S, Dangour AD, France D, Fewtrell L, Freeman MC, Gordon B, Hunter PR, Johnston RB, Mathers C, Mausezahl D, Medlicott K, Neira M, Stocks M, Wolf J, Cairncross S. 2014. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. Tropical Medicine and International Health 19: 894-905.

Rahman M, Sohel N, Yunus M, Chowdhury ME, Hore SK, Zaman K, Streatfield PK. 2014. A prospective cohort study of stroke mortality and arsenic in drinking water in Bangladeshi adults. BMC public health 14(1): 174.

Rahman MM, Chowdhury UK, Mukherjee SC, Mondal BK, Paul K, Lodh D, Chakraborti D. 2001. Chronic arsenic toxicity in Bangladesh and West Bengal, India a review and commentary. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology 39(7): 683-700.

Rahman MM, Owens G, Naidu R. 2009. Arsenic levels in rice grain and assessment of daily dietary intake of arsenic from rice in arsenic-contaminated regions of Bangladesh implications to groundwater irrigation. Environmental geochemistry and health 31(1): 179-187.

Rahman MS, Islam MN, Hassan MZ, Islam SA, Zaman SK. 2015. Impact of Water Management on the Arsenic Content of Rice Grain and Cultivated Soil in an Arsenic Contaminated Area of Bangladesh. Journal of Environmental Science and Natural Resources 7(2): 43-46.

Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Adams RJ, Berry JD, Brown TM, Wylie-Rosett J. 2011. Heart disease and stroke statistics 2011 update a report from the American Heart Association. Circulation 123(4): e18-e209.

Sarker M. 2010. Determinants of arsenicosis Patients' perception and social implications of arsenic poisoning through groundwater in Bangladesh. International journal of environmental research and public health 7(10): 3644-3656.

Shahan Z. 2010. Study: 77 million in bangladesh have arsenic in their drinking water. Available at http://planetsave.com/2010/06/25/study-77-million-in-bangladesh-have-arsenic-in-their-drinking-water/: Accessed 2016-03-24.

Smith AH, Lingas EO, Rahman M. 2000. Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. Bulletin of the World Health Organization 78(9): 1093-1103.

Smith AH, Marshall G, Yuan Y, Ferreccio C, Liaw J, von Ehrenstein O, Selvin S. 2006. Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood. Environmental health perspectives: 1293-1296.

Sohel N, Persson LÅ, Rahman M, Streatfield PK, Yunus M, Ekström EC, Vahter M. 2009. Arsenic in drinking water and adult mortality: a population-based cohort study in rural Bangladesh. Epidemiology 20(6): 824-830.

Sutton NB, van der Kraan GM, van Loosdrecht MC, Muyzer G, Bruining J, Schotting RJ. 2009. Characterization of geochemical constituents and bacterial populations associated with As mobilization in deep and shallow tube wells in Bangladesh. Water research 43(6): 1720-1730.

Tareq SM. 2015. Arsenic and Fluorescent Humic Substances in the Ground Water of Bangladesh. Jahangirnagar University, Dhaka, Bangladesh: A Public Health Risk. 21p.

Transparency International. 2014. Corruption by country/territory. Available at https://www.transparency.org/country/#BGD: Accessed 2016-12-03.

UNICEF. 2008. Arsenic Mitigation in Bangladesh. Available at http://www.unicef.org/bangladesh/Arsenic.pdf: Accessed 2016-01-26.

UNICEF. 2013. Arsenic contamination in groundwater. Available at http://www.unicef.org/media/files/Current_Issues_Paper_Arsenic_Contamination_in_Groundwater.pdf: Accessed 2015-11-25.

Van Halem D, Bakker SA, Amy GL, Van Dijk JC. 2009. Arsenic in drinking water: a worldwide water quality concern for water supply companies. Drinking Water Engineering and Science 2: 2009.

Von Brömssen M, Markussen L, Bhattacharya P, Ahmed KM, Hossain M, Jacks G, Rahman MM. 2014. Hydrogeological investigation for assessment of the sustainability of low-arsenic aquifers as a safe drinking water source in regions with high-arsenic groundwater in Matlab, southeastern Bangladesh. Journal of Hydrology 518: 373-392.

WHO, UNICEF. 2014. Progress on Drinking Water and Sanitation. Available at http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112727/1/9789241507240_eng.pdf: Accessed 2015-11-28.

Wickramasinghe SR, Han B, Zimbron J, Shen Z, Karim MN. 2004. Arsenic removal by coagulation and filtration: comparison of groundwaters from the United States and Bangladesh. Desalination 169(3): 231-244.

World Bank. 2007. History. Available at http://www.worldbank.org/en/about/history: Accessed 2016-02-03.

World Health Organization (WHO). 2004. Guidelines for drinking-water quality: recommendations (Vol. 1). Switzerland: Geneva World Health Organization. 515p.

World Health Organization (WHO). 2010. Exposure to arsenic: a major public health concern. Switzerland: Geneva World Health Organization Document Production Services. 78p.

World Health Organization (WHO). 2012. Arsenic fact sheet N°372. Available at http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/: Accessed 2016-02-08.

World Health Organization (WHO). 2015. Health through safe drinking water and basic sanitation. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/en/: Accessed 2016-01-24.

Yeh S, How SW, Lin CS. 1968. Arsenical cancer of skin, histologic study with reference to Bowen's disease. Cancer 21: 312-339.

Yeh S, How SW. 1963. A pathological study on the blackfoot disease in Taiwan. Rep. Inst. Pathol. Natl. Taiwan. Univ. 14: 25-73.

Zheng Y, Van Geen A, Stute M, Dhar R, Mo Z, Cheng Z, Ahmed KM. 2005. Geochemical and hydrogeological contrasts between shallow and deeper aquifers in two villages of Araihazar, Bangladesh: Implications for deeper aquifers as drinking water sources. Geochimica et Cosmochimica Acta 69(22): 5203-5218.