

Kiinan vesipula – ”Uhka maailmalle?”

Maria Kurikkala

LuK-seminaari ja -tutkielma 790351A

Maantieteen tutkinto-ohjelma

Oulun Yliopisto

4.12.2023

Tiivistelmä

Kasvava vesipula on vakava ongelma, joka asettaa haasteita niin ihmisille kuin ympäristöllekin. Kiinassa vesipula on hyvin merkittävä ongelma, josta kärsii suuri osa maan väestöstä. Tässä tutkielmassa tarkastellaan kirjallisuuden perusteella vesipulan syitä ja seurauksia Kiinassa. Lisäksi tutkitaan, onko vesipulan esiintymisessä Kiinassa maantieteellistä vaihtelua, miten vesipulaa on pyritty tähän asti ratkaisemaan Kiinassa ja miten sitä voidaan tulevaisuudessa ratkaista.

Maatalous on yksi suurimmista vesipulan aiheuttajista, sillä kastelu on intensiivistä. Maatalouden vedenkäyttö ei myöskään ole kovin tehokasta, jonka lisäksi vettä menetetään vuotavien kasteluverkkojen vuoksi. Nopean väestönkasvun ja talouskehityksen vuoksi veden kulutus ja kysyntä on kasvanut erittäin voimakkaasti. Yksi suurimmista ongelmista vesipulalle on vesivarojen saastuminen, joka on seurausta muun muassa nopeasta talouskehityksestä. Vesivarojen epätasainen jakautuminen ja väestön tiheä asuminen kaupungeissa lisäävät vesipulaa. Esimerkiksi Pohjois-Kiinassa asuvalla väestöllä vesivarat ovat erittäin niukat verrattuna Etelä-Kiinaan. Näiden syiden lisäksi ilmastonmuutos voimistaa vesipulaa lisäämällä esimerkiksi kuivuuskausien määrää.

Vesipulalla on ollut hyvin vakavia seurauksia yhteiskunnalle ja luonnolle. Pohjavesien pinnankorkeuden alentumisen seurauksena maanpinta on vajonnut. Vesipula on vähentänyt luonnon monimuotoisuutta ja heikentänyt ekosysteemejä. Lisäksi vesipula on lisännyt konfliktien määrää ja johtanut mittaviin taloudellisiin menetyksiin.

Vesipulaa on pyritty ratkaisemaan muun muassa vedensiirtoprojektilla, tehostamalla veden käyttöä, nostamalla veden hintaa, ottamalla käyttöön uusia vedenlaatumääräyksiä ja saamalla investointeja muista maista esimerkiksi jätevedenkäsittelyprojekteihin. Tulevaisuudessa vesipulaa voidaan ratkaista keskittymällä enemmän vesipulan taustalla oleviin syihin, eikä pelkästään pyritä ratkaisemaan vesipulasta seuraavia ongelmia. Tulevaisuudessa vesipulaa voidaan ratkaista esimerkiksi lisäämällä kansalaisten osallistumista ympäristöasioihin, selkeyttämällä vesihuollon hallintaa ja huomioimalla ilmastonmuutoksen vaikutukset vesivaroihin paremmin.

Sisällys

1. Johdanto	4
2. Yleiskatsaus Kiinan maantieteeseen	5
2.1 Väestö ja kaupungistuminen	5
2.2 Ilmasto	6
2.3 Vesivarat	7
3. Vesipulan syyt	8
3.1 Maatalous	8
3.2 Talouskehitys ja väestönkasvu	9
3.3 Saastunut vesi.....	10
3.4 Vesivarojen epätasainen jakautuminen ja ilmastonmuutos	12
4. Vesipulan seuraukset Kiinassa	13
5. Vesipulan tähänastiset ratkaisukeinot.....	15
6. Vesipulan ratkaisukeinot tulevaisuudessa ja jatkotutkimusmahdollisuudet.....	18
7. Johtopäätökset	20
Lähdeluettelo	22

1. Johdanto

Vesipula on globaali ongelma, josta kärsii noin kymmenesosa maailman ihmisistä (Gosling & Arnell 2016; Han ym. 2023). Vesipulalla tarkoitetaan Zetlandin (2021) mukaan tilannetta, jossa vesivarannot eivät riitä vastaamaan ihmisten erilaisia tarpeita. Toisen määritelmän mukaan vesipulalla tarkoitetaan vesivarojen liikkakäyttöä, jossa veden kysyntä on korkeampaa kuin veden saatavuus (Van Loon & Van Lanen 2013).

Maailman vedestä vain noin kaksi ja puoli prosenttia on makeaa vettä ja ihmisen toiminnan seurauksena makean veden varastot ovat huvenneet nopeampaa kuin ne pystyvät uusiutumaan (Distefano & Kelly 2017). Vuoteen 2050 mennessä ennustetaan, että veden tarve kasvaa yli 40 prosenttia (Eliasson 2015). Lisäksi arvioidaan, että vuoteen 2050 mennessä noin kaksi kolmasosaa maailman väestöstä elää alueilla, joissa puhdasta vettä ei ole riittävästi tarjolla vastaamaan kysyntää.

Ma ym. (2020) mukaan Kiinassa veden vähydestä kärsii yli puolet väestöstä ja veden niukkuus on yksi merkittävimmistä haasteista kestäväälle kehitykselle. Osa väestöstä kärsii vesipulasta kausiluonteisesti, mutta osa ympäri vuoden riippuen siitä, missä osassa Kiinaa asuu. Viimeisen vuosisadan aikana vedenkulutus on moninkertaistunut Kiinassa muun muassa nopean väestönkasvun ja talouden kehittymisen myötä ja 1980-luvun lopulta lähtien veden niukkuus on ollut ongelma Kiinassa (Liu ym. 2017; Ma ym. 2020). Vuoden 1980-luvun lopulta lähtien Kiinassa onkin kamppailtu yhä jatkuvasti kasvavaa vesipulaa vastaan (Han ym. 2023). Vesipulaongelma on syntynyt ihmisen toiminnan seurauksena (Chen ym. 2018). Väestönkasvu lisää veden kysyntää, vesivarojen kestämaton sekä liiallinen käyttö nopeuttaa makean veden vesivarojen ehtymistä ja veden saastuminen pilaa vesivaroja heikentäen veden laatua.

Vesipula on tähän mennessä aiheuttanut maailmalla konflikteja, lisännyt jännitteitä ja aiheuttanut poliittista epävakautta (Eliasson 2015). Voimistuva ilmastonmuutos on vaikuttanut lisäten kuivuuden ja tulvien yleistymistä. Kiinassa vesipulalla on Liu ym. (2018) mukaan ollut vakavia negatiivisia sosiaalisia, taloudellisia ja ekologisia vaikutuksia ihmisiin, ympäristöön ja yhteiskuntaan.

Kiinan vesipulan vaikutukset eivät rajoitu Brown & Halweil ym. (1998) mukaan vain maan rajojen sisäpuolelle vaan ongelma voi olla uhkana maailman ruokaturvalle. Tämä johtuu siitä, että Kiinan elintarvikkeiden tarjonnalla ja kysynnällä on merkittäviä vaikutuksia sekä Kiinan kuin koko maailman ruokaturvaan (Huang ym. 2017). Tällöin satojen pienentyessä vesipulan seurauksena Kiinassa, viljan maailmanmarkkinahinnat voivat kohota (Brown &

Halweil 1998). Tämä voisi aiheuttaa vaikeuksia matalan tulotason maille, joilla ei ole varaa maksaa viljasta hintojen kohotessa.

Vesipulalla on todettu olevan vakavia ongelmia ihmisille ja ympäristölle, jonka vuoksi asiaan perehtyminen on oleellista. Vesipulan ilmiön ymmärtäminen on tärkeää, sillä lisäämällä tietoisuutta vesipulasta, voidaan vaikuttaa päätöksentekijöiden näkemyksiin vesipulan kriittisyydestä ja auttaa ratkaisemaan vesipulan ongelma (Chen ym. 2018). Tutkielman tarkoituksena onkin antaa yleiskuva Kiinassa tapahtuvasta vesipulasta ja sitä kautta lisätä tietoisuutta uhasta, jolla voi olla maailmanlaajuisia vaikutuksia. Tutkimuksessa tarkastellaan Kiinan vesipulan syitä ja niistä aiheutuvia seurauksia. Lisäksi tutkitaan, onko vesipulan esiintymisessä maantieteellistä vaihtelua, miten Kiinassa on pyritty ratkaisemaan vesipulaa tähän asti ja miten sitä voidaan ratkaista tulevaisuudessa.

Tutkimuskysymykset:

1. Mitkä ovat Kiinan vesipulan syyt ja seuraukset?
2. Minkälaista maantieteellistä vaihtelua vesipulan esiintymisessä on Kiinassa?
3. Miten vesipulaa on pyritty ratkaisemaan Kiinassa nyt ja tulevaisuudessa?

2. Yleiskatsaus Kiinan maantieteeseen

Kiina on yksi maailman väkirikkaimmista maista, jonka pinta-ala on maailman neljänneksi suurin (Liu & Diamond 2005). Maantieteeltään Kiina on erittäin monimuotoinen, jossa ekosysteemit vaihtelevat jäätiköistä erilaisiin trooppisiin sademetsiin. Kiinassa teollisuus on erittäin suurta ja maa on maailman suurin teräksen ja sementin tuottaja sekä maailman toiseksi suurin sähkön tuottaja. Seuraavaksi tarkastellaan väestön jakautumista Kiinassa ja maan ilmastoa, jotka osaltaan vaikuttavat vesipulaan. Lisäksi tarkastellaan Kiinan vedenkäyttöä ja vesivarojen kokoa sekä niiden sijoittumista Kiinaan.

2.1 Väestö ja kaupungistuminen

Kiinan väkiluku on yli 1,4 miljardia, joka on kaksinkertaistunut viimeisen puolen vuosisadan aikana (Liu & Diamond 2005; Tilastokeskus 2023). Väestönkasvu on kuitenkin hidastunut Kiinan yhden lapsen politiikan seurauksena. Yhden lapsen politiikalla tarkoitetaan Zhangin

(2023) mukaan politiikkaa, jonka mukaan Kiinan kaupunkiperheissä saadaan hankkia vain yksi lapsi. Politiikka on otettu käyttöön vuonna 1980 Kiinan liikakansoituksen vuoksi ja se kumottiin vuonna 2015, jolloin päätettiin, että kaikki pariskunnat saavat hankkia kaksi lasta vuoden 2016 alusta lähtien (Feng ym. 2016).

Kaupungistuminen on Li ym. (2018a) mukaan ollut Kiinassa nopeaa viimeisten vuosikymmenien aikana. Väestö on Kiinassa keskittynyt suurimmaksi osaksi suuriin kaupunkeihin, jonka seurauksena pienet ja keskikokoiset kaupungit ovat supistuneet (Zhuang ym. 2021). Kiinan kotitalouksien määrä on myös kasvanut nopealla tahdilla ja kotitalouksien koko on pienentynyt (Liu & Diamond 2005). Pienemmät kotitaloudet kuluttavat enemmän resursseja ja aiheuttavat negatiivisia ympäristövaikutuksia. Vuosina 1978–2016 kaupungeissa asuvien väestön osuus on kasvanut 18 prosentista 57 prosenttiin (Li ym. 2018a). Väestö on jakautunut siis Kiinassa epätasaisesti ja väestötiheys on suurinta maan kaakkoisosissa ja matalaa luoteisosissa (Li ym. 2018b). Suurimmat väestötiheydet sijaitsevat pääosin Keltaisen joen keski- ja alajuoksulla, Jangtse-joen suistoalueella, Sichuanin jokialueella sekä Kaakkois-Kiinan rannikkoalueella.

Syynä väestön jakautumisessa pääosin Kiinan itäiselle ja eteläiselle puolelle on Lin & Clarken (2012) mukaan se, että alue on kehittynyt nopeampaa, jolloin sinne on kehittynyt paremmat mahdollisuudet saada koulutusta ja terveydenhuoltoa. Kiinan itäosissa on myös kehityksen myötä paremmat työmahdollisuudet ja korkeampi elintaso kuin läntisessä Kiinassa. Väestö siirtyy yhä edelleen lännestä itään vaikkakin siirtyminen on hidastunut. Kiinan nykyinen talouskehitys on epätasaista kehityksen ollessa korkeinta Itä-Kiinassa, toiseksi korkeinta Kiinan keskialueella ja sen jälkeen lännessä (Wang & Wang 2020). Ero Kiinan lännen ja idän välillä väestön jakautumisessa ja taloudellisessa kehityksessä on siis suurta.

2.2 Ilmasto

Ilmastossa on Kiinassa suuria maantieteellisiä eroja maan suuren koon vuoksi. Kiinan itäinen ja eteläinen alue on Wangin & Zhangin (2011) mukaan suurimmaksi osaksi ilmastotyypiltään monsuuni-ilmastoa. Vuotuinen sademäärä Etelä-Kiinassa vaihtelee noin 600 millimetristä 2500 millimetriin (Zheng ym. 2010). Sademäärissä esiintyy lisäksi suurta vuodenaikaista vaihtelua, sillä kesäisin sademäärät ovat suuria ja lämpötilat korkeita, kun taas talvisin sademäärät ovat pienempiä, ilmasto on kuivaa ja viileää (Wang & Zhang 2011). Näillä alueilla siis kuivat ja kosteat ajanjaksot vuorottelevat vuodenaikojen mukaan, jonka vuoksi useimmilla alueilla esiintyy kausittaista kuivuutta ja sen myötä vesipulaa. Wei ym. (2020) mukaan Kiinan itä- ja

eteläosista luoteeseen mentäessä sademäärät vähentyvät asteittain, jolloin luoteisosissa ilmasto on pääosin kuivaa. Pohjois- ja Luoteis-Kiinassa vuotuinen sademäärä on pääosin alle 600 millimetriä ja joinain vuosina sademäärä voi jäädä vain noin 25 millimetriin (Zheng ym. 2010). Kuivan ilmaston yhtenä syynä on se, että alueet sijaitsevat sisämaassa, jolloin monsuunisateet eivät yllä sinne (Wei ym. 2020).

Ilmastonmuutos on muokannut Kiinan ilmastoa viimeisten vuosikymmenien aikana (Wang & Zhang 2011). Ilmastonmuutoksen seurauksena kuivuusjaksot ovat lisääntyneet Etelä-Kiinassa sademäärien pienentyessä ja lämpötilojen noustessa (Li 2022). Lämpötilojen nousun lisäksi sademäärissä ja sen jakautumisessa on ollut muutosta (Wang & Zhang 2011). Esimerkiksi jokien valuma on lisääntynyt etelässä, mutta vesivarat ovat vähentyneet huomattavasti pohjoisessa.

2.3 Vesivarat

Kiinan makean veden vesivarat ovat maailman neljänneksi suurimmat (Shang ym. 2016). Tästä huolimatta Kiinan vesivarojen osuus asukasta kohden on alle kolmasosa maailman keskiarvosta (Wang & Zhang 2011). Viimeisen vuosikymmenen aikana vedenkulutus on He ym. (2019) mukaan kasvanut Kiinassa noin 113 prosenttia.

Kiinan mannermaisien monsuuni-ilmaston takia vesivarat ovat jakautuneet epätasaisesti niin alueellisesti kuin ajallisestikin (Qin ym. 2013). Vesivarat etelässä ovat suhteellisen runsaita ja pohjoisessa yleisesti ottaen niukat. Esimerkiksi Luoteis-Kiina on pääosin kuivaa tai puolikuivaa aluetta, jossa vesivarojen kokonaismäärä on rajallinen ja vesivarojen kysyntä ei vastaa tarjontaa (Cheng & Li 2023). Hyödynnettävä vesivara asukasta kohden on Zhou ym. (2017) mukaan noin neljä kertaa suurempi eteläisessä Kiinassa verrattuna Pohjois- ja Luoteis-Kiinaan. Etelä-Kiinassa sijaitsevat vesivarat kattavatkin noin 81 prosenttia Kiinan koko vesivaroista (Li 2003). Kiinassa on useita maailman suurimpia jokia, jotka tuovat vettä Tiibetin tasangolta ja Länsi-Kiinasta rannikkokaupunkeihin (Gleick & Cooley 2009: 84).

Kiinassa pinta- ja pohjavesi ovat He ym. (2019) mukaan tärkeimmät makean veden lähteet, ja pohjaveden kulutus on Kiinassa maailman toiseksi suurinta. Makean veden kokonaismäärä koostuu Kiinassa pinta- ja pohjaveden lisäksi myös sadevedestä, kierrätetystä vedestä sekä merivedestä, josta on poistettu suola. Näiden osuus on kuitenkin vain noin yksi prosentti makean veden kokonaismäärästä.

3. Vesipulan syyt

Kiinan vesipulan syinä ovat suurimmaksi osaksi vesivarojen epätasainen alueellinen jakautuminen, talouden nopea kehitys, kaupungistuminen, riittämätön kaupunki-infrastruktuurin ja huono vesivarojen hallinta (Gleick & Cooley 2009; Jiang 2009). Vesipula on seurausta veden tehottomasta ja tuhlaavasta käytöstä sekä veden kasvavasta kysynnästä ja kuivuudesta. Vesivarojen hallintaa vaikeuttaa vanhentuneet vesilait, joiden pitkän aikavälin seurauksia ei ole arvioitu ja niiden täytöntöönpano on puutteellista (Liu & Diamond 2005; Gleick & Cooley 2009: 88–89). Vesipolitiikkaa ei ole riittävästi kehitetty vastaamaan vesipulan aiheuttamia ongelmia ja veden käyttöön ja suojeluun liittyviä lakeja on Kiinassa verrattain vähän. Yang ym. (2003) mukaan eri vesipiirialueiden väleillä on lisäksi ristiriitoja, jonka vuoksi vesivarojen käytön kehittäminen voi olla monimutkaista. Kaikkien eri syiden lisäksi ilmastonmuutos voimistaa ongelmaa (Qin ym. 2013). Seuraavaksi tarkastellaan erilaisia vesipulan syitä Kiinassa.

3.1 Maatalous

Pohjois-Kiinassa Keltaisen-, Huai-, ja Hai-joen valuma-alueet ovat erittäin tiheään asuttuja, jossa vesipula on erittäin vakava ongelma (Yin ym. 2020). Tätä aluetta kutsutaan Zhang ym. (2017a) mukaan myös nimellä Pohjois-Kiinan tasanko, jossa sijaitsee suuria kaupunkeja muun muassa pääkaupunki Peking sekä Tianjin. Tämän lisäksi alue on erittäin tuottava ja tärkeä maatalousalue.

Maatalous on yksi merkittävimmistä syistä Pohjois-Kiinan vesipulaan, koska maatalous on intensiivistä ja ruoantuotanto on erittäin riippuvaista kastelusta (Zheng ym. 2010; Wang ym. 2017). Pohjois-Kiinan tasangolla vehnä ja maissi ovat tärkeimpiä viljelykasveja ja viime vuosien saatossa kyseisten viljelykasvien tuotanto on kasvanut useilla kymmenillä prosenteilla. Tämä maissin ja muiden viljelykasvien viljelypinnan laajentuminen on lisännyt kasteluveden huomattavaa kulutusta, sillä esimerkiksi maissi ja vehnä tarvitsevat paljon vettä (Liu & Diamond 2005; Zhang ym. 2020). Lisäksi viljelykasveissa tapahtuneet muutokset, kuten paljon vettä vaativien kasvien yleistymisen, ovat lisänneet vedenkulutusta.

Ma ym. (2020) mukaan Tyynenmeren ja Intian valtameren monsuunit sääntelevät ilmastoa niin, että 70–80 prosenttia vuotuisesta sademäärästä saadaan kesäkuukausina, jonka vuoksi kevät on suhteellisen kuiva. Tämä on ongelmallista maataloudelle, koska keväisin maatalouden vedentarve on suurinta. Tämä on johtanut vesivarojen liikkakäyttöön kastelun

välttämättömyyden vuoksi, sillä sadoista halutaan mahdollisimman suuria eikä se ole mahdollista ilman voimakasta kastelua (Yang ym. 2003). Viljelykasvien tuotanto on kasvanut vesipulasta huolimatta, sillä kysyntä on kasvanut ja vesipulaan on suhtauduttu välinpitämättömästi (Zhang ym. 2020). Pohjois-Kiinan tasangolla viljellään vesipulasta huolimatta paljon, koska alueen ilmasto-olosuhteet ovat suotuisat maissille ja viljalle. Tämän vuoksi vettä kulutetaan paljon huolimatta siitä seuraavista ongelmista.

Yang ym. (2003) mukaan maatalouden vedenkäyttö ei ole kovin tehokasta, joka lisää maataloudessa käytetyn veden määrää. Vettä menetetään paljon heikkojen kasteluverkkojen takia, jotka vuotavat. Syinä kasteluverkkojen heikkouteen on pidetty esimerkiksi sitä, että veden alhaisen hinnan takia ei ole tarpeeksi rahoitusta kasteluinfrastruktuurin ylläpitoon ja kunnostamiseen. Osa maanviljelijöiden maksamista vesimaksuista käytetään kasteluinfrastruktuurin ylläpitoon ja kustannuksiin, mutta veden alhaisten hintojen vuoksi tähän ei ole voitu panostaa niin paljoa. Vesimaksujen käytön etusijalla ovat viranomaisten palkkojen ja hallintokustannusten kattaminen.

Veden alhaisen hinnan vuoksi maanviljelijöillä ei ole myöskään tarvetta säästää vettä (Yang ym. 2003). Todellisen kulutetun veden määrän tietoon saaminen maataloilla on myös välillä haastavaa, sillä useilla tiloilla peritään kiinteää maksua erityisesti pintavesikastelluilla alueilla. Tämän ongelma on se, että tällöin todellista kulutetun veden määrää ei saada tietoon. Vesivarojen käyttöä monimutkaistaa hajanainen ja epäyhtenäinen vesivarojen hallintajärjestelmä, jonka vuoksi vesivarojen käytön kehittäminen voi olla monimutkaista

3.2 Talouskehitys ja väestönkasvu

Väestönkasvu on Zhao ym. (2017) mukaan syynä vesipulaan, sillä se lisää suoraan yhteiskunnan vedenkäytön kysyntää. Väestöllä on vaikutus myös vesilähteiden saatavuuteen ja niiden laatuun. Lisäksi väestö vaikuttaa myös muun muassa energiantarpeeseen, talouteen, luonnonvaroihin, ympäristöön ja elintarvikehuoltoon. Kiinassa noin 80 prosenttia väestöstä asuu 10 prosentilla maa-alueesta (Ma ym. 2020). Vesipula-alueet ovat tiiviisti asuttuja, koska veden tarve liittyy ihmisen toimintaan erittäin läheisesti.

Yksi merkittävimmistä syistä vesipulaan on talouskasvu (Yin ym. 2020). Kiinan talous on maailman yksi nopeimmin kasvavimmista ja maan bruttokansantuote on maailman toiseksi suurin (Liu & Diamond 2005; World Bank 2023). Yhteiskunnan, talouskehityksen sekä väestönkasvun myötä muun muassa sähkön, materiaalien ja energian tarve kasvoi nopealla tahdilla (Cai ym. 2020). Kehityksen nopean tahdin vuoksi kehityksen kielteisiä vaikutuksia ei

pystytty hallitsemaan, minkä seurauksena vedessä esiintyvien epäpuhtauksien määrä nousi voimakkaasti.

Webber ym. (2017) mukaan vuodesta 1978 lähtien Kiinassa on tapahtunut nopeaa talouskasvua, jonka takia maatalous- ja teollisuustuotanto on kasvanut merkittävästi muun muassa kuivemmassa Pohjois-Kiinassa. Talouskasvun myötä ja elinolojen parantuessa alueen väestö on vaurastunut ja kasvanut voimakkaasti, jonka vuoksi vedenkulutus ja -tarve on kasvanut (Liu & Diamond 2005). Lihan, maidon ja munien kulutuksen kasvaessa syntyy muun muassa enemmän maatalousjätettä ja vesiviljelylannoitteiden käyttö lisääntyy, jotka lisäävät maan ja vesistön saastumista. Teollisuus on toiseksi suurin vedenkulutuksen sektori maatalouden jälkeen (Dou 2016). Teollisuudenaloista erityisen paljon vettä kuluttaa erityisesti paperi-, teräs-, tekstiili- ja kaivosteollisuus. Talouden yhä kasvaessa vedenkulutus jatkaa kasvuaan teollisuudessa, mikä voimistaa vesipulaa (Shang ym. 2016).

Zhao ym. (2017) mukaan kaupungissa asuvien vedenkulutus on korkeampaa kuin maaseudulla asuvien, korkeamman elintason takia. Kaupunkiväestön- ja kaupunkialueen kasvaminen on aiheuttanut vakavia vesiongelmiä (Xiang ym. 2019). Kiinan kaupunkisuunnittelussa vesihuolto ei ole pysynyt mukana kehityksessä ja kaupunkisuunnittelussa paikallisten ekosysteemien ja veden luonnollista kiertokulkua ei olla huomioitu aikaisemmin. Tällainen suunnittelu on ollut ongelmallista, koska se on vaikuttanut alajuoksun vesijärjestelmään ja aiheuttanut ympäristön pilaantumista.

3.3 Saastunut vesi

Vesivarojen saastuminen on merkittävä syy vesipulaan Kiinassa, joka on ollut seurausta talouskehityksestä ja siitä seuranneesta päästöjen lisääntymisestä (Webber ym. 2017; Cai ym. 2020). Veden saastumista tapahtuu esimerkiksi silloin, kun joet kulkevat tiheästi asuttujen alueiden lävitse (Hu & Cheng 2013). Veden saastuminen tekee vedestä käyttökelvotonta ja vähentää makean veden saatavuutta. Vesien pilaantuminen johtuu sekä piste- että hajakuormituslähteistä peräisin olevista saasteista. Pistekuormituslähteellä tarkoitetaan vesistö päästöä, joka tulee jostakin selkeästä pisteestä, kuten jätevedenpuhdistamolalta ja jota voidaan mitata (SYKE 2023a). Hajakuormituslähde on lähtöisin useista pienistä hajanaisista päästölähteistä, joiden alkuperää ei voida tarkalleen määrittää (SYKE 2023b).

Ennen kuin ympäristönsuojeluun alettiin kiinnittää Kiinassa huomiota riittävän taloudellisen kehityksen tavoittamisen myötä, vesien pilaantumisen tila kasvoi talouskehityksen myötä (Cai ym. 2020). Tämän syynä oli alhainen tuotannon tehokkuus ja

vähäinen huomio ympäristönsuojeluun. Tehdyt investoinnit eivät ole olleet riittävät jätevesien käsittelemiseen (Hu & Cheng 2013).

Merkittävimmät vettä saastuttavat päästöt tulevat Cai ym. (2020) mukaan teollisuudesta, maataloudesta ja yhdyskuntajätevesistä. Vesien saastuminen on seurausta muun muassa metsäkadosta, liiallisesta laiduntamisesta seuranneesta maaperän eroosiosta ja maatalouskemikaalien käytöstä (Hu & Cheng 2013). Wu ym. (2015) mukaan myös järvien rehevöityminen on vakava ongelma vesivaroja rajoittavana tekijänä. Rehevöitymisen syynä on fosforia ja tyypeä sisältävien jätevesien valumat vesistöihin. Vesistöissä esiintyviä epäpuhtauksia ovat erilaiset orgaaniset saastepäästöt, kuten maaöljyhiilivedyt (Hu & Cheng 2013). Lisäksi vesistöjä rehevöittävät ravinteet fosfori ja typpi ja raskasmetallit, kuten elohopea ja lyijy ovat suurimpia epäpuhtauksia vesistöissä.

Teollisuudesta johtuva jätevesi on ollut suurin vesistöjä saastuttava lähde (Hu & Cheng 2013). Viime vuosikymmeninä tapahtunut teollisuuden muutos ja energian tuotannon kehitys on lisännyt epäpuhtauksien määrää. Cheng ym. (2009) mukaan energian tuotanto vaatii paljon vettä ja energian tuotanto myös tuottaa jätevettä. Kiinan sähköntuotannosta noin 70 prosenttia on peräisin hiilivoimaloista, jossa vettä käytetään valtavia määriä pääosin jäähtytykseen (Liao ym. 2021).

Hiilen louhinnassa, paperin ja kemikaalien tuotannossa ja pienissä tuotantolaitoksissa on käytetty vanhentuneita, saastuttavaa ja tehotonta tekniikkaa (Liu & Diamond 2005; Hu & Cheng 2013). Tämän seurauksena on syntynyt suuria määriä teollisuusjätettä ja jätevettä, jota ei olla käsitelty asianmukaisesti. Jätevesien käsittelyn kehityksen jälkeen jäämisen ja viemärijärjestelmien kehityksen viivästyminen on ollut syynä vesistöjen saastumiseen, kun suuria määriä käsittelemätöntä jätevettä päästetään käsittelemättömänä ympäristöön (Jiang 2009; Cheng 2013).

Veden saastumista aiheuttaa myös liiallinen vedenotto (Hu & Cheng 2013). Kun suurista joista ja niiden sivujoista otetaan liikaa vettä, niihin johdettujen jätevesien laimentamiseen tarvittava vesimäärä on pienempää, joka heikentää vedenlaatua. Tämä on ongelmallista erityisesti Pohjois-Kiinan matalapintaisissa ja vähävesisissä joissa.

Veden saastumisen ongelmaa lisäävät erilaiset ympäristökatastrofit, jotka saastuttavat juomavettä (Gleick & Cooley 2009: 83). Esimerkiksi vuonna 2005 tapahtui ympäristökatastrofi Jilin kaupungissa Koillis-Kiinassa, kun kemiantehtaalla tapahtunut räjähdys aiheutti Songhua-joen saastumisen 100 tuhannella tonnilla myrkyllisellä bentseenillä. Saastumisen seurauksena vedenjakelu jouduttiin keskeyttämään neljältä miljoonalta ihmiseltä Songhua-joen alajuoksulla sijaitsevassa Harbinin kaupungissa. Samana vuona eräästä toisesta tehtaasta pääsi leviämään

myrkyä vesistöihin häiriten vesihuoltoa. Huang ym. (2022) mukaan vuosina 2001–2020 Kiinassa on tapahtunut 1528 veden saastumiseen johtanutta tapahtumaa.

Veden saastumista aiheuttaa myös sinilevän puhkeaminen, joka tapahtui esimerkiksi vuonna 2007 Changchun kaupungissa sijaitsevassa tekoaltaassa (Gleick & Cooley 2009: 83). Tämä johti siihen, että juomavettä jouduttiin vähentämään. Syynä sinileväepidemiaan oli teollisuudesta ja maataloudesta peräisin olevien lannoitteiden ja torjunta-aineiden pääsy tekoaltaaseen.

Veden saastuminen on ongelma erityisesti Kiinan pohjois- ja itäosassa (Webber ym. 2017; Cai ym. 2020). Esimerkiksi Itä-Kiinan rannikolla sijaitsevassa Shanghaiin kaupungissa ja Zhejiangin maakunnassa vesipulaa aiheuttaa veden saastuminen, eikä niinkään käytettävän veden puute. Veden saastuminen on Ma ym. (2020) mukaan ongelma myös Etelä-Kiinassa, vaikka siellä sijaitsevat suuret vesivarat. Vesipula ei siis rajoitu pelkästään kuiviin ja vähäiset vesivarat omaaviin alueisiin, vaan saastuminen aiheuttaa vesipulaa erittäin vesirikkailla ja runsassateisilla alueillakin.

3.4 Vesivarojen epätasainen jakautuminen ja ilmastonmuutos

Epätasaisesti jakautuneet vesivarat ovat syynä vesipulaan (Wang & Wang 2020). Väestön epätasaisen jakautumisen takia vesivarojen jakautuminen ei ole tasapainossa. Pohjois-Kiinan suurempaan väestömäärään nähden todelliset vesivarat ovat suhteellisen pienet, josta on seurannut kuivuutta ja vesipulaa. Etelä-Kiinassa vesivarat ovat puolestaan runsaat. Etelä-Kiinassa vesipulaa aiheuttaa kuitenkin äärimmäiset ilmastotapahtumat, kuten kuivuus, jonka seurauksena vesivarat vähenevät (Li 2022).

Ilmastonmuutoksella on ja tulee olemaan monenlaisia seurauksia Kiinan vesipulaan (Xiao ym. 2020). Piao ym. (2010) mukaan Kiinan ilmastossa on huomattu selkeää lämpenemistä ja keskilämpötilan arvioidaan nousevan tulevaisuudessakin. Ilmastonmuutos vaikuttaa sademäärään, valumaan, haihduntaan ja merenpinnan tasoon, mikä puolestaan voi johtaa vesivarojen epätasaisen jakautumisen kasvuun (Wang & Wang 2020). Sateiden ennustetaan lisääntyvän Etelä-Kiinassa, jossa on jo valmiiksi melko kosteaa ja vähentyvän niillä alueilla, joilla on jo kuivempaa eli muun muassa Pohjois-Kiinassa. Esimerkiksi Etelä-Kiinassa lisääntyneiden sateiden vuoksi joillakin alueilla esiintyy tulvakatastrofeja.

Keskilämpötilojen nousu lisää haihtumista, joka johtaa pohjaveden pinnan laskuun (Piao ym. 2010; Wu ym. 2010). Tämä voi aiheuttaa seuraamuksia jo voimakkaasti kastellulle maataloudelle lisäten kastelun tarvetta ja näin pahentaen vesipulaa ja tehden kastelusta

kalliimpaa. Ilmastonmuutos vahvistaa myös kuivuutta ja erityisesti Koillis-Kiinassa tämä on ollut ongelmallista maataloudelle, koska maa on jo melko kuivaa (Piao ym. 2010). Ilmastonmuutos on aiheuttanut myös aavikoitumista Luoteis-Kiinan kuivilla alueilla (Shang ym. 2016).

Wang ym. (2006) mukaan ilmaston lämmetessä jäätiköt sulavat ja häviävät Qinghai-Tiibetin ylätasangolla. Tältä tasangolta Kiinan suuret joet Jangtse sekä Keltainen joki saavat osan valunnastaan. Jäätiköiden sulaminen tarkoittaa makean veden varantojen menetystä. Jäätiköiden sulaminen lisää jokien valumaa lyhyellä aikavälillä, mutta pitkällä aikavälillä jokien valumat vähentyvät voimakkaasti. Tämä johtaa Kiinassa kuivuuteen pitkällä aikavälillä.

4. Vesipulan seuraukset Kiinassa

Veden puutteesta ja veden saastumisesta aiheutuvat ongelmat ovat vakavia niin yhteiskuntaan kuin ympäristöön (Jiang 2009). Käyttökelpoisen veden puutteen seurauksena kotitaloudet, teollisuus ja maatalous ovat joutuneet vähentämään vedenkäyttöä, ja vesipula on aiheuttanut veden toimituskatkaisuja miljoonilta ihmisiltä (Gleick & Cooley 2009: 83; Jiang 2009). Lisäksi esimerkiksi joitain tehtaita on jouduttu sulkemaan vesipulan takia, millä on ollut taloudellisia tappioita (Liu & Diamond 2005). Saastuneesta vedestä on aiheutunut taloudellisia tappioita ja saastuneen veden käytöllä on todettu olevan yhteys erilaisten sairauksien kanssa (Gleick & Cooley 2009: 79, 85; Jiang 2009). Esimerkiksi syövät ja syöpäkuolleisuus on lisääntynyt, mikä lisää terveydenhuollon kustannuksia. Lisäksi Kiinan maaseudulla erityisesti lapsilla esiintyy suolistomatoja seurauksena saastuneen veden käytöstä. Lisäksi monien kaupungeissa asuvien ihmisten veren lyijypitoisuudet ovat nousseet yli vaarallisten arvojen (Liu & Diamond 2005).

Hofstedtn (2010) mukaan useiden jokien vedenkorkeudet ovat pudonneet, josta on seurannut sähkökatkoksia, koska vesivoimalat eivät ole pystyneet tuottamaan tarpeeksi sähköä vastaamaan kysyntää. Tämä aiheuttaa ongelmia väestön energiatarpeen tyydyttämisessä, jolla voi olla kauaskantoisia seurauksia. Lisäksi pohjavesien pinnankorkeuden ovat laskeneet joillain alueilla, kuten Pekingissä jopa useita satoja metrejä ja pinnan lasku jatkaa yhä laskuaan. Tämän seurauksena suolainen vesi on päässyt saastuttamaan pohjavesiä rannikkoalueilla heikentäen muun muassa maatalouteen käytettäviä vesivaroja. Veden suolanpoistoa on jouduttu lisäämään, mikä on kallista ja kuluttaa paljon energiaa. Pohjaveden väheneminen lisää aavikoitumisen riskiä ja johtaa kasvillisuuden heikkenemiseen (Dou 2016). Aavikoituminen ja ihmisen toiminnan aiheuttama kuivuminen vaikuttavat osaltaan erilaisten luonnonkatastrofien

esiintymistiheyteen ja voimakkuuteen kuten pölymyrskyihin, kuivuuteen ja tulviin (Liu & Diamond 2005).

Zhou ym. (2017) mukaan pohjaveden lasku on uhka myös maatalouden kastelulle, sillä maatalous on riippuvainen pohjavedestä, koska noin 35 prosenttia kasteluvedestä saadaan pohjavedestä. Maataloudessa käytettävän kasteluveden vähentyessä erityisesti riisin ja vehnän tuotanto vähenee ja tämä vaikuttaa elintarviketurvaan Kiinassa (Wang ym. 2017). Pohjaveden laskun seurauksena maanpinta on vajonnut muutamien kymmenien vuosien saatossa esimerkiksi Shanghaissa lähes kaksi metriä (Hofstedt 2010). Tästä on syntynyt suuria vahinkoja kaupungin infrastruktuurille, joiden korjaaminen on tullut ja tulee olemaan kallista. Pohjaveden ylipumppauksen ja saastumisen seurauksena on kaivettava syvemmälle puhtaiden ja riittävien vesivarojen saamiseksi käyttöön (Gleick & Cooley 2009: 86). Kaivaminen on kallista ja syvien kaivojen tekeminen aiheuttaa taloudellista painetta kylille.

Vesipula vähentää luonnon monimuotoisuutta, erilaisia ekosysteemipalveluja kuten veden puhdistusta (Liu & Yang 2012). Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan Boydin & Banzhafin (2007) mukaan luonnon tarjoamia hyötyjä kotitalouksille, yhteisölle ja talouksille. Vesi tarjoaa tärkeitä palveluita ihmisille, sillä vettä käytetään maataloudessa, teollisuudessa, energiantuotannossa ja lisäksi puhdasta makeaa vettä voidaan juoda (Zhou ym. 2017). Luonnon monimuotoisuuteen vesipula vaikuttaa siten, että vesipulan seurauksena vesistöjen biologinen monimuotoisuus vähenee, kasvillisuuden kasvu hidastuu ja kuolleisuus kasvaa (Zhang ym. 2017b; Cheng & Li 2023).

Pinta- ja pohjaveden liikkäytön seurauksena on ollut kosteikkojen häviäminen ja purojen kuivuminen (Gleick & Cooley 2009: 86). Esimerkiksi Pohjois-Kiinan tasangolla sijaitsevista kosteikoista on arvioitu hävinneen noin 80 prosenttia. Lisäksi alueen luonnolliset ojat ja purot ovat kuivuneet.

Vesipula on aiheuttanut jännitteitä ja konflikteja veden käyttöön liittyen (Gleick & Cooley 2009: 90). Esimerkiksi Pohjois-Kiinan tasangolla jännitteet ovat lisääntyneet. Peking on ottanut käyttöönsä suurimman osan sitä ympäröivän Hebein maakunnan lävitse virtaavista suurista joista. Pekingin ja Heibein provinssien viranomaiset ovat joutuneet kiistaan Jumanimiestä joesta, kun Peking on johtanut joen vettä niin, että joen alavirran asukkaille ei riitä enää vettä. Samoin Keltaisen joen ylä- ja alajuoksulla elävien ihmisten välille on syntynyt konflikteja (Liu & Diamond 2005).

5. Vesipulan tähänastiset ratkaisukeinot

Vesipula on vaatinut Kiinan hallituksen ryhtyvän toimiin vesipulan torjumiseksi, ja Kiinan hallitus onkin tiedostanut vesipulan ongelman ja laajuuden (Jiang 2009; Wang ym. 2017). Vesipulan ratkaisukeinojen haasteina Kiinassa ovat teknisen asiantuntemuksen puute, pääoman puute ja kilpailu resursseista (Gleick & Cooley 2009: 91–92). Kiinassa tähän mennessä toteutettujen ratkaisukeinojen toimivuudessa on vaihtelua, eivätkä kaikki toimet ole olleet yhtä onnistuneita vesipulan vähentämisessä (Taulukko 1).

Taulukko 1. Vesipulan keskeisimpien tähänastisten ratkaisukeinojen toiminnan onnistumisen arviointi vesipulan hillitsemisessä. Merkintätavat: ++ keino on onnistunut vähentämään vesipulaa todella hyvin, + keino on onnistunut vähentämään vesipulaa kohtalaisesti, 0 keino on vähentänyt ja lisännyt vesipulaa, - keino ei ole onnistunut vähentämään vesipulaa kovin hyvin, -- keino ei ole onnistunut vähentämään vesipulaa lainkaan.

Ratkaisukeino	Keinon onnistuminen
padot	++
investoinnit jätevedenpuhdistamoihin	-
vedensiirtoprojekti	0
veden käytön tehokkuuden parantaminen	+
veden hinnan nostaminen	+
uudet vedenlaatumääräykset	--
sienikaupungit	+
sadeveden keräys ja varastointi	+
pilvikylvö	+

Kiinassa vesipulan ongelmiin on pyritty vastaamaan erilaisilla isoilla infrastruktuuriprojekteilla, kuten padoilla (Gleick & Cooley 2009: 91–92). Esimerkiksi Kiinassa sijaitsevassa Jangtse-joessa on arvioiden mukaan noin 50 000 patoa. Patojen avulla on pystytty suojelemaan niin ihmisiä kuin maatalousmaata tulvien aiheuttamilta vahingoilta (Liu ym. 2013). Tulvat voivat heikentää myös vedenlaatua, jonka vuoksi padoilla saadaan merkittävää hyötyä (Wang ym. 2015). Padoilla on myös positiivinen vaikutus kasteluvesihuoltoon ja sähköntuotantoon (Liu ym. 2013). Vesipulan ratkaisemiseksi on pyritty myös saamaan investointeja ulkomailta muun muassa jätevedenkäsittelyprojekteihin. Kiinassa ollaan myös pyrkimässä olemaan enemmän riippuvaisia vesivoimasta vähentäen hiilivoimaa, joka saastuttaa vesistöjä (Gleick & Cooley 2009: 92).

Vesipulan ratkaisemiseksi on tehty investointeja ja vesienhoitosuunnitelmissa vesipulaongelma on otettu enemmän huomioon. Kiinassa painopisteenä investoinneille ovat

vedenjakelujärjestelmät ja tuhansien veden- ja jätevedenpuhdistamoiden rakentaminen saastuneen veden puhdistamiseksi (Gleick & Cooley 2009: 92). Jäteveden käsittely on kehittynyt Kiinassa investointien myötä, mutta jätevesien käsittelyssä on vielä paljon parannettavaa (Jin ym. 2014). Esimerkiksi jätevesien typenpoisto on tehotonta ja jätevesistandardit ovat väljiä, jonka seurauksena investoinnit jätevedenpuhdistamoiden rakentamiseen ja kehittämiseen eivät ole tuottaneet merkittäviä tuloksia vesipulan vähentämisessä.

Kiina on pyrkinyt ratkaisemaan vesiongelmaa esimerkiksi vedensiirtoprojektilla (Webber ym. 2017). Rogers ym. (2016) mukaan tarkoituksena on tasapainottaa vesivarojen epätasaista jakautumista Etelä- ja Pohjois-Kiinan välillä. Hanke lupaa toimittaa kymmeniä miljardeja kuutiometrejä makeaa vettä vuodessa Etelä-Kiinasta Pohjois-Kiinaan. Tarkoituksena on rakentaa kanavia, joita pitkin Jangtse-joesta siirretään vettä Kiinan pohjoisosiin. Hanke on tähän mennessä onnistunut vähentämään vesipulastressiä Pohjois-Kiinassa, kuten Pekingissä (Sun ym. 2021). Hankkeesta on hyötynyt suurin osa maan väestöstä alueilla, joille vettä kuljetetaan, mutta se on puolestaan lisännyt vesipulaa alueilla, joista vettä siirretään pois.

Vedensiirtoprojektilla on kuitenkin ollut paljon negatiivisia vaikutuksia ympäristöön. Webber ym. (2017) mukaan satoja tuhansia ihmisiä on hädetty kodeistaan ja uudelleenasetettu. Jokien veden tyhjennys vedensiirron seurauksena lisää todennäköisyyttä jokien saastumiseen. Veden runsaalla ottamisella joesta voi olla suuria vaikutuksia joen virtaamiseen. Veden kuljetuksen aikana on myös vaara sille, että vesi saastuu, kun vesi kulkee esimerkiksi teollistuneiden alueiden läpi.

Wang ym. (2017) mukaan Kiinan hallitus on lisäksi keskittynyt vedenkäytön tehokkuuden parantamiseen, korostanut veden kysynnän hallintaa edistämällä hallintajärjestelmää ja uudistanut veden hinnoittelupolitiikkaa. Päättäjät yrittävätkin etsiä vesipulaan ratkaisua taloudellisin keinoin eli poistamalla esimerkiksi tukia tai muuttamalla niitä (Gleick & Cooley 2009: 95). Vesipulan seurauksena ihmisiä pyritään kannustamaan veden säästämiseen ja tehokkaaseen käyttöön asettamalla hintakiintiöitä veden käyttöön. Esimerkiksi joissakin kaupunkien asunnoissa, kun vettä käytetään yli 210 litraa vuorokaudessa, täytyy maksaa perushinnan ylittävän lisämaksu.

Doun (2016) mukaan veden hinnalla on ratkaiseva merkitys vesivarojen hoidossa ja veden hinnoittelu ei vastaa veden markkinaominaisuuksia. Tämän vuoksi nostamalla veden hintaa saadaan veden kulutusta vähenemään ja säästetään vettä. Esimerkiksi Pekingissä veden hinta on ollut verrattain alhainen ennen kuin veden hintaan on kiinnitetty huomiota ja nostettu

kulutuksen säästämiseksi (Zheng ym. 2010). Kyseinen toimenpide koskee kuitenkin vain suuria kaupunkeja eikä tämä vaikuta maaseudulla, jossa maatalous kuluttaa suurimman osan vedestä.

Veden käytön tehokkuuden parantaminen on tehokas toimenpide vesipulan ratkaisemiseksi. Erityisesti teollisuudessa ja maataloudessa, joissa vedenkulutus on suurinta, voidaan parantaa veden käytön tehokkuutta (Liu & Diamond 2005; Dou 2016). Koska paljon vettä kuluttavat viljelykasvit maissi ja vehnä ovat Kiinan tärkeimpiä tuotteita maan elintarviketurvalle, niiden kasvatuksen vähentäminen veden säästämiseksi ei ole todennäköistä. Sen sijaan vettä voidaan säästää edistämällä esimerkiksi vettä säästävää kastelutekniikkaa ja vettä säästävää maataloustekniikkaa. Koska Kiinassa pohjaveden käyttö on suurta ja maatalous on siitä riippuvaista, tulisi pohjaveden käyttöä kehittää niin, että sen käyttö perustuu pohjaveden kantokykyyn tasapainon ja kestävyuden saavuttamiseksi.

Veden saastepäästöjen vähentämiseksi on otettu käyttöön uusia vedenlaatumääräyksiä (Gleick & Cooley 2009: 82, 95). Johdonmukainen täytäntöönpano on kuitenkin edelleen harvinaista eikä veden saastepäästöjen vähentämisessä olla edistytty paljoa huolimatta hallituksen toimesta pyrkiä vähentämään saasteiden määrää vedessä. Käsittelemätöntä jätevettä pääsee edelleen valumaan vesistöihin. Päästöjen hillitsemisen vaikeutena on se, että monet joet kulkevat tiheästi asuttujen ja väkirikkaiden maakuntien läpi. Lisäksi ympäristöviranomaisten korruptio ja epäpätevyys muodostavat haasteen ongelman ratkaisemiselle.

Kaupungeissa esiintyvää vesipulaa on pyritty ratkaisemaan Kiinassa rakentamalla sienikaupunkeja (Han ym. 2023). Sienikaupunkikonseptin ideana on rakentaa kaupunkeihin vihreää infrastruktuuria lisäämällä puiden, kosteikkojen, puistojen, metsien ja muiden kasvillisuusalueiden määrää. Vihreä infrastruktuuri vaikuttaa luonnonmukaisella tavalla vähentäen valumavesien saastumista ja parantaa kaupunkien vedenlaatua. Sienikaupungeissa hulevesien hallinta on tehokkaampaa, sillä sienikaupunkikonseptissa vettä imetään sienimäisellä tavalla, varastoidaan ja puhdistetaan muun muassa maaperässä, järvissä ja kasvillisuudessa. Sienikaupunkeja on aloitettu rakentamaan Kiinassa vuodesta 2014 lähtien Kiinan koillis-, itä ja eteläosissa. Tähän mennessä saadut tulokset ovat vaikuttaneet lupaavilta kaupunkien vesipulan vähentämisessä.

Cheng ym. (2009) mukaan vesipulaa voidaan ratkaista lisäksi keräämällä sadevettä ja varastoimalla sitä sekä muokkaamalla säätä lisäten sademääriä pilvikylvön avulla. Pilvikylvöllä tarkoitetaan kemikaalien vapauttamista pilviin esimerkiksi lentokoneesta muuttaen pilvien fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia sateen lisäämiseksi (Wan ym. 2023). Sateen lisääminen pilvikylvön avulla on muodostunut ratkaisuksi kuivuudelle Pohjois- ja Luoteis-

Kiinassa (Cheng ym. 2009). Sadeveden keräämistä on myös edistetty puolikuivilla ja kuivilla alueilla vedenpuutteen vuoksi pääosin maatalous- ja kotitalouskäyttöön.

6. Vesipulan ratkaisukeinot tulevaisuudessa ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Mitkä ovat Kiinan vesipulan tulevaisuuden näkymät? Voidaan todeta, että vesipula on ongelma ympäristölle ja yhteiskunnalle Kiinassa niin tänä päivänä kuin vielä kymmenienkin vuosien päästä, jos Kiinan talous jatkaa kasvuaan, sillä vesi on kriittinen elementti talouskasvulle ja hyvinvoinnille (Gleick & Cooley 2009: 79). Kiinan tavoitteena näyttää olevan talouskasvun edistäminen ja ympäristöasiat ovat toissijainen asia, sillä Kiinan talouskasvun kannustimet ovat suurempia kuin kannustimet vesienhallintaan ja saastumiseen (Barnett ym. 2015). Tulevaisuudessa Kiinalla tuleekin olemaan suuria haasteita ylläpitää talouskasvua ja hallita samalla niukkoja vesivarojaan (Xie 2009).

Vaikka Kiina on tiedostanut vesipulan uhan, ongelmana on se, että vesipulan taustalla olevia syitä, kuten tehottoman maatalouden ja teollisuudesta vesistöihin päätyvien jätevesien aiheuttamien ongelmien ratkaisemiseen ei kiinnitetä riittävästi huomiota (Barnett ym. 2015). Kymmeniä miljardeja euroja maksavan vedensiirtoprojektin odotetaan ratkaisevan Kiinan vesipula eikä projektista syntyvät negatiiviset vaikutukset, kuten ympäristön tuhoutuminen ja saastuminen sekä ihmisten häätäminen kodeistaan ole niin merkittävää. Todellisuudessa ei voida tietää pystyykö projekti luotettavasti siirtämään vettä Etelä-Kiinasta Pohjois-Kiinan vesipula-alueille tulevaisuudessakin, sillä vedellä on muun muassa riski saastua kuljetuksen aikana.

Ha ym. (2016) mukaan Kiinan hallituksen vuosille 2020 ja 2030 luotujen vesienhoitosuunnitelmien mukaan vesivarojen kasvattamiseksi tullaan lisäämään muun muassa kierrätetyn veden ja suolattoman meriveden käyttöä. Meriveden suolanpoisto on tärkeä tapa vähentää veden puutetta rannikkokaupungeissa (Zheng ym. 2010). Meri- ja murtoveden suolanpoistoon on kehitetty eri tekniikoita, joka mahdollistaa suolanpoiston kehityksen ja voi tarjota mahdollisuuden vesipulaan vaikkakin se on melko kallista.

Ilmastonmuutoksella on vesipulaan väistämättä merkittävä vaikutus jo nyt ja myös tulevaisuudessa, sillä ennusteiden mukaan ilmasto lämpenee Kiinassa tulevaisuudessakin (Piao ym. 2010). Ainakaan tällä hetkellä ei toimita riittävästi ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi, mikä tarkoittaa sitä, että ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan ympäristöön merkittävästi. Yun

(2011) mukaan ilmastonmuutoksen aiheuttamat vaikutukset vesivarojen saatavuuteen tulisi ottaa paremmin huomioon Kiinassa, sillä se on jäänyt vähäiselle huomiolle.

Kiinan vesipulan tulevaisuudennäkymiä voi helpottaa väestönkasvun hidastuminen, sillä Kiinan väestön odotetaan tippuvan alle yhden miljardin (Hertog ym. 2023). Toisaalta se ei välttämättä tarkoita, että vesipulan ongelma helpottaisi, jos vettä käytetään edelleen tuhlaavasti tai jos ongelmaa ei onnistuta ratkaisemaan tarpeeksi tehokkaasti. Kiinassa myös nuorempi sukupolvi on entistä enemmän kiinnostunut ympäristöasioista, joten voi olla, että vesipulaa voidaan saada hillittyä kansalaisten osallistumisella ja painostuksella poliittisten päättäjien päätösvaltaan (Gleick & Cooley 2009: 96).

Vesipulaa voidaan ratkaista lisäämällä kansalaisten osallistumista ympäristöasioihin, kuten vesipolitiikan ja -lakien muuttamiseen (Gleick & Cooley 2009: 96). Väestön tietoisuutta vesiensuojelusta on hallituksen toimesta pyritty lisäämään koulutuksen ja julkisen tiedottamisen avulla (Liu & Diamond 2005). Huolet veden saastumisesta ja vesipulasta ovat saaneet kansalaisia tavoittelemaan muutosta asialle (Gleick & Cooley 2009: 96). Aikaisemmin kansalaisten osallistuminen ympäristöpolitiikkaan on ollut rajallista, mutta muutosta on onneksi tapahtunut.

Lisääntyvä osallistuminen ympäristöasioista on johtanut siihen, että kansalaisjärjestöjen perustaminen ja toiminta on sallittu (Gleick & Cooley 2009: 96). Monet luoduista kansalaisjärjestöistä ovat perehtyneet veden saastumiseen ja vesiekosysteemien uhkiin ja pyrkivät näin saamaan aikaan muutosta. Ekosysteemien, kuten jokien ja kosteikkojen suojeleminen ja ennallistaminen on ratkaisevan tärkeää vesipulan ratkaisemiseksi, koska ne muun muassa suodattavat ja varastoivat vettä (Cheng ym. 2009). Ympäristönsuojelujärjestöille tulisi kuitenkin antaa lupa ja resursseja siihen, että ne pystyisivät valvomaan erilaisten ympäristölakien noudattamisesta (Barnett ym. 2015).

Tulevaisuudessa vesipulan ratkaisemista voitaisiin edistää vesihuollon hallinnan selkeyttämisellä ja yksinkertaistamisella, sillä Kiinassa valta on hajaantunut eri virastojen kesken (Yu 2011). Barnett ym. (2015) mukaan Kiinan keskus- ja paikallishallinnon avoimempi ja läpinäkyvämpi toiminta vesitietojen osalta voisi parantaa yritysten vastuullisuutta ja paikallishallinnon vastuullisuutta vesiasioihin liittyen. Tiedot esimerkiksi sademääristä, pohjavedestä, saastumisesta ja veden käytöstä pidetään salassa väestöltä eikä näitä tietoja anneta valtion virastolta toiselle (Yu 2011). Tämä hankaloittaa kokonaisvaltaisen vesienhallinnan politiikan toteuttamista, kun tärkeitä asiatietoja salataan.

Jatkotutkimuksena voitaisiin tutkia vesipulan ratkaisun ympäristövaikutuksia tarkemmin, koska Kiinassa on rakennettu monenlaista infrastruktuuria ja tehty teknologisia

ratkaisuja vesipulan ongelman ratkaisemiseksi (Gleick & Cooley 2009: 91–92). Esimerkiksi vedensiirtoprojektin ympäristövaikutuksien tutkiminen ja sen tulevaisuuden vaikutusten tutkiminen olisi tärkeää, jotta saataisiin selville ovatko toimet kestäviä ekologisesti ja sosiaalisesti (Barnett ym. 2015).

Ilmastonmuutoksen seurauksia vesipulaan voitaisiin tutkia, sillä ilmastonmuutos voi vaikuttaa Kiinan vesivaroihin tulevaisuudessa ja sitä kautta esimerkiksi ruoantuotantoon (Piao ym. 2010). Olisikin tärkeää tutkia millaisia kielteisiä tai myönteisiä vaikutuksia ilmastonmuutos voisi tuoda vesivarojen hallintaan, jotta ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaikutuksiin pystyttäisiin reagoimaan ja sopeutumaan. Tutkimalla ilmastonmuutoksen seurauksia, voidaan kehittää erilaisia toimenpiteitä, jotka mahdollistavat vesipulan hallinnan tulevaisuudessakin. Kiinan vesipulan vaikutuksia myös esimerkiksi maan naapurivaltioihin ja koko maailmaan voitaisiin tutkia tarkemmin, sillä Kiinan vaikutusvalta maailmassa on erittäin suurta (Eichengreen & Tong 2006). Kiina on esimerkiksi yksi suurimmista talousmaista ja vesipulan vaikutukset esimerkiksi Kiinan talouteen voisivat vaikuttaa myös maailmantalouteen.

7. Johtopäätökset

Tutkielman tarkoituksena oli syventyä vesipulan tilanteeseen Kiinassa ja tarjota yleiskatsaus maassa piilevään ongelmaan ja uhkaan, josta ei ole juurikaan uutisoitu maailmalla. Tutkimuskysymyksinä oli selvittää Kiinan vesipulan syitä ja seurauksia ja onko vesipulan esiintymisessä Kiinassa maantieteellistä vaihtelua. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, miten Kiinassa on tähän asti pyritty ratkaisemaan vesipulaa ja mitä mahdollisuuksia vesipulan ratkaisemiselle on tulevaisuudessa.

Merkittävimpinä tuloksina tutkimuskysymykseen koskien Kiinan vesipulan syitä olivat maatalous, talouskasvu, väestönkasvu, heikko vesipolitiikka, saastunut vesi, vesivarojen epätasainen jakautuminen ja ilmastonmuutos. Johtopäätöksenä vesipulan syille voidaan todeta, että vesipula on monien eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta aiheutuva ongelma. Vesipula on ihmisen toiminnan välinpitämättömyydestä ja riittämättömästä osaamisesta aiheutuva seuraus, jossa ihmistoiminnan ympäristövaikutusten vaikutuksia ei ole tiedostettu tai niitä ei ole haluttu huomata.

Vesipulan esiintymisen maantieteellistä vaihtelua koskevaan tutkimuskysymykseen liittyen todetaan, että vesipulaa esiintyy koko maassa, mutta osalla alueesta vesipula on

vakavampi ongelma, jota koetaan ympäri vuoden, kun taas toisaalla se on kausiluonteista. Erityisen suuri ongelma vesipulassa on Pohjois-Kiinan tasangolla, jonne vettä pyritäänkin siirtämään Etelä-Kiinasta. Vesipulan esiintyminen ei ole siis suoraan kytköksissä siihen, että sitä koetaan vain alueilla, joissa ei ole suuria makean veden varastoja. Etelä-Kiinassakin koetaan vesipulaa suurista vesivaroista huolimatta, koska veden saastuminen on suuri veden käyttöä rajoittava tekijä.

Keskeisimmät toimenpiteet, jotka liittyvät tutkimuskysymykseen vesipulan tähänastisista ratkaisutoimista Kiinassa, ovat olleet erilaiset infrastruktuuriprojektit, ulkomaiset investoinnit vesipulan ratkaisemiseksi, vedenkäytön tehokkuuden parantaminen, veden säästäminen, veden hinnan nostaminen, uusien vedenlaatumääräysten käyttöönotto ja pilvikylvö sademäärien lisäämiseksi. Näiden toimien perusteella voidaan tehdä johtopäätös siitä, että Kiinassa ollaan sitoutuneita ratkaisemaan vesipulaa ja ollaan valmiita investoimaan merkittäviä summia ongelman ratkaisemiseksi.

Tutkimuskysymykseen liittyen vesipulan tulevista ratkaisumahdollisuuksista, keskeisimmät tulokset olivat vesihuollon hallinnan selkeyttäminen, avoimempi toiminta vesitietojen julki tuomisen osalta, kansalaisten lisääntyvä osallistuminen ympäristöasioihin, ilmastonmuutoksen seurausten parempi tietoisuus vesipulaan liittyen ja meriveden suolanpoisto. Näiden tulosten pohjalta voidaan päätellä, että vesipulan ratkaiseminen vaatii monipuolisia lähestymistapoja, mukaan lukien poliittinen vaikuttaminen, toiminnan kehittäminen, teknologiset innovaatiot ja tutkimus. Kokonaisvaltaisten ja kestävien ratkaisujen saavuttaminen tulee olemaan haastavaa ja vaatimaan yhteistyötä, jotta riittävän puhtaan veden saanti Kiinassa voidaan turvata myös tulevaisuudessa.

Lähdeluettelo

- Barnett, J., Rogers, S., Webber, M., Finlayson, B., & Wang, M. (2015). Sustainability: Transfer project cannot meet China's water needs. *Nature* 527(7578) 295-297. <https://doi.org/10.1038/527295a>
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological economics* 63(2) 616-626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Brown, L. R., & Halweil, B. (1998). China's water shortage could shake world food security. *World watch* 11(4) 10-16.
- Cai, H., Mei, Y., Chen, J., Wu, Z., Lan, L., & Zhu, D. (2020). An analysis of the relation between water pollution and economic growth in China by considering the contemporaneous correlation of water pollutants. *Journal of Cleaner Production* 276, 122783.
- Chen, Y., Cen, G., Hong, C., Liu, J., & Lu, S. (2018). A Metric Model on Identifying the National Water Scarcity Management Ability. *Water resources management* 32(2) 599-617. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1829-9>
- Cheng, B., & Li, H. (2023). Determination of River Ecological Base Flow Based on the Coupling Relationship of Sediment–Water Quality–Biodiversity in Water Shortage Area of Northwest China. *Sustainability* 15(18) 13431. <https://doi.org/10.3390/su151813431>
- Cheng, H., Hu, Y., & Zhao, J. (2009). Meeting China's Water Shortage Crisis: Current Practices and Challenges. *Environmental science & technology* 43(2) 240-244. <https://doi.org/10.1021/es801934a>
- Distefano, T., & Kelly, S. (2017). Are we in deep water? Water scarcity and its limits to economic growth. *Ecological economics* 142, 130-147. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.019>
- Dou, X. (2016). A critical review of groundwater utilization and management in China's inland water shortage areas. *Water policy* 18(6) 1367-1383. <https://doi.org/10.2166/wp.2016.043>
- Eichengreen, B., & Tong, H. (2006). How China is Reorganizing the World Economy. *Asian economic policy review* 1(1) 73-97. <https://doi.org/10.1111/j.1748-3131.2006.00008.x>
- Feng, W., Gu, B., & Cai, Y. (2016). The End of China's One-Child Policy. *Studies in family planning* 47(1) 83-86. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4465.2016.00052.x>
- Gleick, P. H., & Cooley, H. (2009). *The world's water, 2008-2009: The biennial report on freshwater resources*. Island Press.

- Gosling, S. N., & Arnell, N. W. (2016). Global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic change* 134(3) 371-385. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0853-x>
- Han, J., Wang, C., Deng, S., & Lichtfouse, E. (2023). China's sponge cities alleviate urban flooding and water shortage: A review. *Environmental chemistry letters* 21(3) 1297-1314. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01559-x>
- He, G., Zhao, Y., Wang, J., Li, H., Zhu, Y., & Jiang, S. (2019). The water-energy nexus: Energy use for water supply in China. *International journal of water resources development* 35(4) 587-604. <https://doi.org/10.1080/07900627.2018.1469401>
- Hertog, S., Gerland, P., & Wilmoth, J. (2023). India overtakes China as the world's most populous country. 5.11.2023. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/un_desa_pd_2023_policy-brief-153.pdf
- Hofstedt, T. (2010). China's Water Scarcity and Its Implications for Domestic and International Stability. *Asian affairs, an American review* 37(2) 71-83. <https://doi.org/10.1080/00927671003791389>
- Hu, Y., & Cheng, H. (2013). Water pollution during China's industrial transition. *Environmental development* 8, 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2013.06.001>
- Huang, J., Wei, W., Cui, Q., & Xie, W. (2017). The prospects for China's food security and imports: Will China starve the world via imports? *Journal of Integrative Agriculture* 16(12) 2933-2944. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61756-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61756-8)
- Huang, Y., Mi, F., Wang, J., Yang, X., & Yu, T. (2022). Water pollution incidents and their influencing factors in China during the past 20 years. *Environmental monitoring and assessment* 194(3) 182. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09838-4>
- Jiang, Y. (2009). China's water scarcity. *Journal of environmental management* 90(11) 3185-3196. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.04.016>
- Jin, L., Zhang, G., & Tian, H. (2014). Current state of sewage treatment in China. *Water research* 66, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.014>
- Li, L., & Clarke, K. C. (2012). Cartograms showing China's population and wealth distribution. *Journal of maps* 8(3) 320-323. <https://doi.org/10.1080/17445647.2012.722792>
- Li, M., He, B., Guo, R., Li, Y., Chen, Y., & Fan, Y. (2018b). Study on Population Distribution Pattern at the County Level of China. *Sustainability* 10(10) 3598. <https://doi.org/10.3390/su10103598>

- Li, X. (2003). Pressure of water shortage on agriculture in arid region of China. *Chinese geographical science* 13(2) 124-129. <https://doi.org/10.1007/s11769-003-0005-8>
- Li, X. (2022). Can Collecting Water Fees Really Promote Agricultural Water-Saving? Evidence from Seasonal Water Shortage Areas in South China. *Sustainability* 14(19) 12881. <https://doi.org/10.3390/su141912881>
- Li, Y., Jia, L., Wu, W., Yan, J., & Liu, Y. (2018a). Urbanization for rural sustainability – Rethinking China's urbanization strategy. *Journal of cleaner production* 178, 580-586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.273>
- Liao, X. W., Hall, J. W., Hanasaki, N., Lim, W. H., & Paltan, H. (2021). Water shortage risks for China's coal power plants under climate change. *Environmental research letters* 16(4) 44011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abba52>
- Liu, J., & Diamond, J. (2005). China's environment in a globalizing world. *Nature* 435(7046) 1179–1186. <https://doi.org/10.1038/4351179a>
- Liu, J., & Yang, W. (2012). Water Sustainability for China and Beyond. *Science (American Association for the Advancement of Science)* 337(6095) 649-650. <https://doi.org/10.1126/science.1219471>
- Liu, J., Viña, A., Yang, W., Li, S., Xu, W., & Zheng, H. (2018). China's Environment on a Metacoupled Planet. *Annual review of environment and resources* 43(1) 1-34. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-030040>
- Liu, J., Yang, H., Gosling, S. N., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S., Hanasaki, N., Wada, Y., Zhang, X., Zheng, C., Alcamo, J., & Oki, T. (2017). Water scarcity assessments in the past, present, and future. *Earth's Future* 5(6) 545-559. <https://doi.org/10.1002/2016EF000518>
- Liu, J., Zang, C., Tian, S., Liu, J., Yang, H., Jia, S., . . . Zhang, M. (2013). Water conservancy projects in China: Achievements, challenges, and way forward. *Global environmental change* 23(3) 633–643. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.02.002>
- Ma, T., Sun, S., Fu, G., Hall, J. W., Ni, Y., He, L., . . . Zhou, C. (2020). Pollution exacerbates China's water scarcity and its regional inequality. *Nature communications* 11(1) 650-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14532-5>
- Piao, S., Ciais, P., Huang, Y., Shen, Z., Peng, S., Li, J., . . . Fang, J. (2010). The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. *Nature* 467(7311) 43-51. <https://doi.org/10.1038/nature09364>
- Qin, C., Su, Z., Bressers, H. T., Jia, Y., & Wang, H. (2013). Assessing the economic impact of North China's water scarcity mitigation strategy: A multi-region, water-extended

- computable general equilibrium analysis. *Water international* 38(6) 701-723. <https://doi.org/10.1080/02508060.2013.823070>
- Rogers, S., Barnett, J., Webber, M., Finlayson, B., & Wang, M. (2016). Governmentality and the conduct of water: China's South-North Water Transfer Project. *Transactions - Institute of British Geographers (1965)* 41(4) 429-441. <https://doi.org/10.1111/tran.12141>
- Shang, Y., Wang, J., Liu, J., Jiang, D., Zhai, J., & Jiang, S. (2016). Suitability analysis of China's energy development strategy in the context of water resource management. *Energy* 96, 286–293. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.079>
- Sun, S., Zhou, X., Liu, H., Jiang, Y., Zhou, H., Zhang, C., & Fu, G. (2021). Unraveling the effect of inter-basin water transfer on reducing water scarcity and its inequality in China. *Water research* 194, 116931. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116931>
- SYKE (2023b). Hajakuormitus. 30.11.2023. <https://www.vesi.fi/sanasto/hajakuormitus/>
- SYKE (2023a). Pistekuormitus. 30.11.2023. <https://www.vesi.fi/sanasto/pistekuormitus/>
- Tilastokeskus (2023). Väkirikkaimmat maat. 2.11.2023. https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?page_type=sisalto&course_id=tkoulu_vasto&lesson_id=13&subject_id=3
- Van Loon, A. F., & Van Lanen, H. A. J. (2013). Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework. *Water resources research* 49(3) 1483-1502. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20147>
- Wan, X., Zhou, S., & Fan, Z. (2023). Comprehensive Efficiency Evaluation of Aircraft Artificial Cloud Seeding in Hunan Province, China, Based on Numerical Simulation Catalytic Method. *Atmosphere* 14(7) 1187. <https://doi.org/10.3390/atmos14071187>
- Wang, J., Li, Y., Huang, J., Yan, T., & Sun, T. (2017). Growing water scarcity, food security and government responses in China. *Global food security* 14, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.003>
- Wang, Q., & Wang, X. (2020). Moving to economic growth without water demand growth -- a decomposition analysis of decoupling from economic growth and water use in 31 provinces of China. *The Science of the total environment* 726, 138362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138362>
- Wang, S., & Zhang, Z. (2011). Effects of climate change on water resources in China. *Climate Research* 47(1-2) 77-82.
- Wang, X., Zhang, G., & Xu, Y. J. (2015). Impacts of the 2013 Extreme Flood in Northeast China on Regional Groundwater Depth and Quality. *Water* 7(8) 4575–4592. <https://doi.org/10.3390/w7084575>

- Wang, Z., Zhou, C., Guan, B., Deng, Z., & al, e. (2006). The Headwater Loss of the Western Plateau Exacerbates China's Long Thirst. *Ambio* 35(5) 271-2. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/headwater-loss-western-plateau-exacerbates-chinas/docview/207673087/se-2>
- Webber, M., Crow-Miller, B., & Rogers, S. (2017). The South-North Water Transfer Project: Remaking the geography of China. *Regional studies* 51(3) 370-382. <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1265647>
- Wei, W., Pang, S., Wang, X., Zhou, L., Xie, B., Zhou, J., & Li, C. (2020). Temperature Vegetation Precipitation Dryness Index (TVPDI)-based dryness-wetness monitoring in China. *Remote sensing of environment* 248, 111957. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111957>
- World Bank (2023). Gross domestic product 2022. World Development Indicators database. 6.11.2023. https://databankfiles.worldbank.org/public/ddpext_download/GDP.pdf
- Wu, L., Tong, Q., Li, D., Yang, H., Liu, G., Xiao-yi, M., & Gao, J. (2015). Current status, problems and control strategies of water resources pollution in China. *Water Policy* 17(3) 423-440. <https://doi.org/10.2166/wp.2014.018>
- Wu, P., Jin, J., & Zhao, X. (2010). Impact of climate change and irrigation technology advancement on agricultural water use in China. *Climatic Change* 100(3-4) 797-805. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9860-3>
- Xiang, C., Liu, J., Shao, W., Chao, M., & Zhou, J. (2019). Sponge city construction in China: policy and implementation experiences. *Water Policy* 21(1) 19-37. <https://doi.org/10.2166/wp.2018.021>
- Xiao, D., Liu, D. L., Wang, B., Feng, P., Bai, H., & Tang, J. (2020). Climate change impact on yields and water use of wheat and maize in the North China Plain under future climate change scenarios. *Agricultural water management* 238, 106238. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106238>
- Xie, J. (2009). Addressing China's water scarcity: recommendations for selected water resource management issues.
- Yang, H., Zhang, X., & Zehnder, A. J. (2003). Water scarcity, pricing mechanism and institutional reform in northern China irrigated agriculture. *Agricultural water management* 61(2) 143-161. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00164-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00164-6)
- Yin, Y., Wang, L., Wang, Z., Tang, Q., Piao, S., Chen, D., . . . Zhang, J. (2020). Quantifying Water Scarcity in Northern China Within the Context of Climatic and Societal Changes

- and South-to-North Water Diversion. *Earth's future* 8(8) -n/a.
<https://doi.org/10.1029/2020EF001492>
- Yu, C. (2011). China's water crisis needs more than words. *Nature* 470(7334) 307.
<https://doi.org/10.1038/470307a>
- Zetland, D. (2021). The role of prices in managing water scarcity. *Water security* 12, 100081.
<https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100081>
- Zhang, J., Ding, Z., & Luo, M. (2017b). Risk analysis of water scarcity in artificial woodlands of semi-arid and arid China. *Land use policy* 63, 324-330.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.008>
- Zhang, L. (2023). One-child policy, economic sector, and female labor supply: Evidence from urban China. *Applied economics letters* 30(7) 944-949.
<https://doi.org/10.1080/13504851.2022.2030037>
- Zhang, L., Chen, F., & Lei, Y. (2020). Climate change and shifts in cropping systems together exacerbate China's water scarcity. *Environmental research letters* 15(10) 104060.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb1f2>
- Zhang, Z., Yang, H., & Shi, M. (2017a). Alleviating Water Scarcity in the North China Plain: The Role of Virtual Water and Real Water Transfer. *The Chinese economy* 50(3) 205-219.
<https://doi.org/10.1080/10971475.2017.1297656>
- Zhao, X., Fan, X., & Liang, J. (2017). Kuznets type relationship between water use and economic growth in China. *Journal of cleaner production* 168, 1091-1100.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.189>
- Zheng, C., Liu, J., Cao, G., Kendy, E., Wang, H., & Jia, Y. (2010). Can China Cope with Its Water Crisis? --Perspectives from the North China Plain. *Ground water* 48(3) 350-354.
https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2010.00695_3.x
- Zhou, Q., Deng, X., & Wu, F. (2017). Impacts of water scarcity on socio-economic development: A case study of Gaotai County, China. *Physics and chemistry of the earth. Parts A/B/C* 101, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2017.03.009>
- Zhuang, H., Liu, X., Yan, Y., Ou, J., He, J., & Wu, C. (2021). Mapping Multi-Temporal Population Distribution in China from 1985 to 2010 Using Landsat Images via Deep Learning. *Remote sensing* 13(17) 3533. <https://doi.org/10.3390/rs13173533>