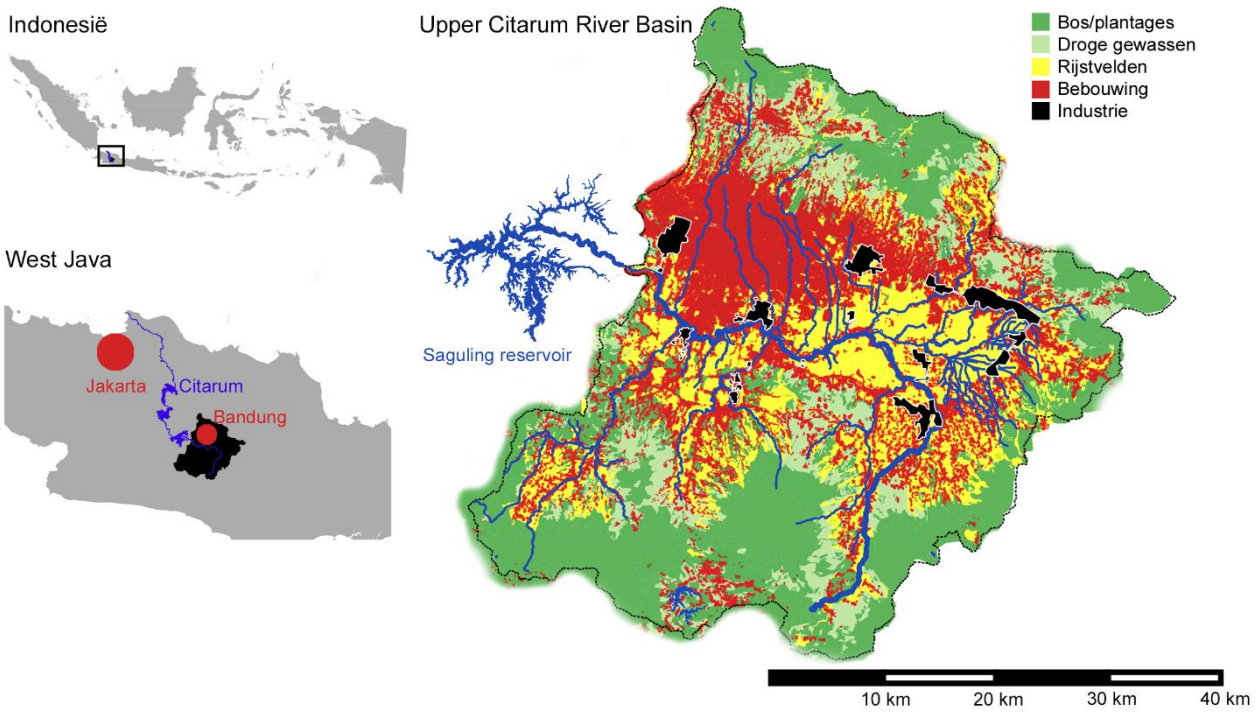
Inzicht in de waterkwaliteitsproblematiek in de boven-Citarum, Java, Indonesië

Kees van Ginkel (Universiteit Twente), Denie Augustijn (Universiteit Twente), Gertjan Geerling (Deltares, Radboud Universiteit), Lufiandi (Radboud Universiteit, Institut Teknologi Bandung)

Het bovenste deel van de Citarum-rivier op Java is ernstig vervuild. Met behulp van data- en systeemanalyse is aangetoond dat deze vervuiling voornamelijk afkomstig is van industriegebieden en stedelijk gebied. Een systeem- en actorenanalyse laten zien dat het probleem voornamelijk sociaal-bestuurlijk van aard is. Het is daarom onverstandig om veel nadruk te leggen op technische oplossingen. Het opzetten van technisch geavanceerde modellen heeft weinig zin omdat de onderliggende waterkwaliteitsdata onbetrouwbaar zijn. De Nederlandse watersector kan echter al een groot verschil maken door problemen inzichtelijk te maken met eenvoudige analyses waarmee verschillende actoren gezamenlijke oplossingsrichtingen kunnen vinden.

In Indonesië staat het thema waterkwaliteit momenteel hoog op de politieke agenda. Aangezien de Nederlandse watersector erg actief is in het land, was waterkwaliteit een belangrijk gespreksonderwerp tijdens de Nederlandse handelsmissie naar Indonesië in november 2016. Dit werd ook opgepikt door internationale media: in de Engelse krant *The Guardian* verscheen een groot artikel over de waterproblematiek van Jakarta [1]. De zware vervuiling van de rivieren van deze stad bemoeilijkt de zoektocht naar een structurele oplossing voor de overstromingsproblematiek. De slechte waterkwaliteit vormt echter ook een grote bedreiging voor de watervoorziening van Jakarta. In dit artikel zoomen we in op het bovenste deel van de Citarumrivier. De Citarum is via een kanaal verbonden met Jakarta en vormt zo een belangrijke watervoorziening voor de stad.

De rivier de Citarum (zie kader) staat bekend als een van de meest vervuilde rivieren ter wereld [2]. In het kader van mijn Bachelorscriptie heb ik vijf maanden onderzoek gedaan naar de waterkwaliteit in het bovenste deel van het stroomgebied van deze rivier, in de volksmond ook wel bekend als het Bandung-stroomgebied. Dit stroomgebied is ongeveer 45 × 45 kilometer groot. Het centrum van het gebied wordt gevormd door een grote vlakte, omringd door vulkanen die meer dan een kilometer boven de vlakte uitstijgen. In de roman *Heren van de thee* van Hella S. Haasse is te lezen hoe de steile berghellingen aan het eind van de 19^{e} eeuw gecultiveerd werden tot uitgestrekte theeplantages. Inmiddels is het gebied zeer dichtbevolkt: de bevolking groeide van 2,5 miljoen in 1995 tot 7,8 miljoen in 2010 [3]. Dit ging gepaard met een explosieve groei van de textielindustrie in het gebied. De Citarum ontspringt in een bron, Situ Cisanti, en stroomt na een kleine 80 kilometer in het Saguling-stuwmeer (zie afbeelding 1). Tijdens de reis omlaag verslechtert de waterkwaliteit ernstig. Daarnaast is er op de berghellingen veel erosie die benedenstrooms weer leidt tot sedimentatie en overstromingen. Dit brengt grote schade toe aan de volksgezondheid en economie.



Afbeelding 1. Locatie en landgebruik (interpretatie SPOT-2014) Bandung-stroomgebied

De 'Alliance of Water, Health and Development' van Deltares, de Radboud Universiteit en enkele lokale universiteiten en instanties, doet onderzoek naar de problematiek in het stroomgebied, maar een helder overzicht van de oorzaken en de omvang van de problemen ontbreekt. Met behulp van een systeem-, stakeholder- en data-analyse voorziet dit onderzoek in deze behoefte. Het onderzoek is gebaseerd op interviews met lokale actoren, veldobservaties, literatuurstudie, bestaande waterkwaliteitsdata van verschillende overheden en dataverzameling met behulp van Leveloggersensoren. Door zowel vanuit technisch als bestuurlijk perspectief naar het Bandung-stroomgebied te kijken is een beter beeld ontstaan van de waterkwaliteitsproblematiek.

Systeemanalyse: oorzaken van watervervuiling

Er kunnen zes bronnen van watervervuiling onderscheiden worden: natuurlijke kwetsbaarheid voor erosie, industriële activiteit, landbouw, veeteelt, rioolwater en afval. Hieronder worden de zes bronnen afzonderlijk toegelicht.

(1) Van nature zijn de steile vulkaanhellingen al gevoelig voor erosie. De enorme bevolkingsgroei heeft geleid tot bijna volledige ontbossing en intensieve landbouw. Hierdoor is de erosie van de hellingen toegenomen, waardoor de sedimentconcentraties in het oppervlaktewater sterk omhoog zijn gegaan.

(2) Fabrieken lozen zwaar vervuilde effluenten in het oppervlaktewater. Het totale aantal fabrieken wordt geschat op meer dan duizend. Hiervan zijn er slechts enkele honderden geregistreerd. Niet-geregistreerde 'fabrieken-aan-huis' leveren halffabrikaten voor de textielindustrie. Deze fabriekjes hebben over het algemeen geen waterzuiveringsinstallatie. De grotere, geregistreerde fabrieken moeten formeel voldoen aan effluentstandaarden. Waterzuivering in deze fabrieken is echter gebrekkig en om kosten te besparen

wordt het zuiveringsproces regelmatig stilgelegd. Handhaving door de overheid is beperkt door gebrek aan mankracht en budget. Bovendien is de industrie heel belangrijk voor de lokale economie en werkgelegenheid, waardoor handhaving op weerstand kan rekenen.
(3) Wat betreft watervervuiling door landbouw is het belangrijk om drie groepen gewassen te onderscheiden. In de vlakten en op de minder steile hellingen wordt traditioneel veel rijst verbouwd met behulp van klassieke terrassentechnieken. Het is zeer moeilijk in te schatten hoeveel sediment, pesticiden en nutriënten hierdoor in het oppervlaktewater belanden. Op de steilere hellingen worden sinds de koloniale periode koffie en thee verbouwd. Het grootste probleem vormen de droge gewassen (wortels, aardappelen, uien etc.), waarbij het water bewust zo snel mogelijk wordt afgevoerd om verrotting te voorkomen. De gebruikte landbouwmethoden leiden tot sterke erosie en uitspoeling van pesticiden en nutriënten naar het oppervlaktewater. Dit zijn echter wel de gewassen die voor de lokale bevolking het meeste geld opleveren, zogenoemde *cash crops*.
(4) Qua veeteelt worden er vooral koeien gehouden voor melkproductie. De mest wordt direct op het oppervlaktewater geloosd. Dit leidt lokaal tot grote bacteriële verontreiniging (Coliform).
(5) Het grootste deel van de inwoners woont in de stad Bandung. Slechts 35 procent van deze stad is aangesloten op een waterzuiveringsinstallatie. Een ander deel van de stad is wel aangesloten op een rioolsysteem, maar dit water wordt nog steeds direct op het oppervlaktewater geloosd [4]. De overige huishoudens maken gebruik van septictanks of lozen direct op het oppervlaktewater. De inhoud van de septictanks lekt vaak weg naar het grondwater of wordt alsnog op het oppervlaktewater geloosd.
(6) In het Bandung-stroomgebied vindt slechts beperkt afvalinzameling plaats. In de rivierbedding en op de oevers zijn vaak grote hopen vuilnis te zien. Zo belandt een deel van het afval in het oppervlaktewater.

Om de problematiek in het Bandung-stroomgebied in beeld te brengen, is deze video gemaakt ter begeleiding van het onderzoek: tiny.cc/BandungBasin.

Stakeholderanalyse: monitoring door de overheid

Historisch gezien kent de Indonesische overheid een sterk centraal bestuursstelsel. De wortels hiervan liggen nog in de koloniale periode. Onder Soekarno (1945-1967) en Soeharto (1967-1998) werden pogingen ondernomen de overheid te decentraliseren, maar effectief bleef deze gecentraliseerd. In reactie hierop besloot de Indonesische overheid in 1998 om het bestuur grootschalig te decentraliseren [5,6,7]. Sindsdien is het waterbeheer in het Bandung-stroomgebied verschillende keren gereorganiseerd. Het gevolg hiervan is dat momenteel onduidelijk is welke instanties precies verantwoordelijk zijn voor het monitoren en beheren van de waterkwaliteit in het Bandung-stroomgebied [8].
De *River Basin Organisation* van de Citarum (BBWSC) houdt zich niet bezig met waterkwaliteit. Het onderzoeksinstituut van de nationale overheid (PusAir, vergelijkbaar met Deltares in Nederland) doet zeer beperkt aan monitoring, net als de milieuafdeling van de provinciale overheid (West Java Environmental Protection Agency). Het grootste deel van de data wordt verzameld door de overheden op districtsniveau, een soort gemeenten. Het Bandung-stroomgebied beslaat vijf van dit soort districten. De districten hebben als taak de waterkwaliteit te monitoren en de resultaten te rapporteren aan de provincie. De meest complete dataset (maandelijkse monitoring op ongeveer 20 locaties) wordt verzameld door de

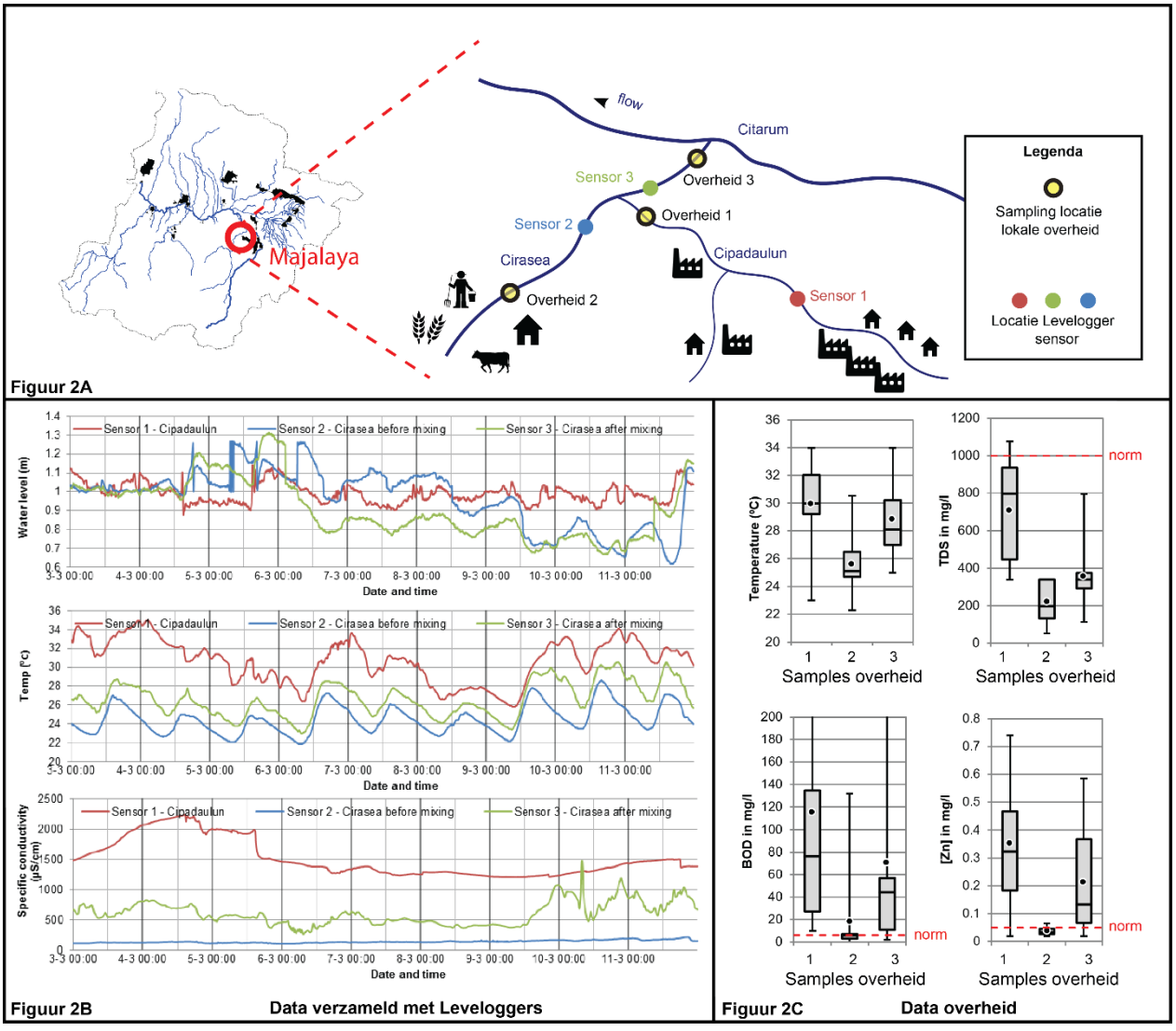
publiek-private onderneming PJT-II. Deze instantie is verantwoordelijk voor het beheer van het Saguling-stuwmeer. Dit meer is belangrijk voor zowel energie- als drinkwatervoorziening.
Ook voor het controleren van de industriële emissies geldt dat het deels een provinciale taak en deels een taak van de districten is. De geïnterviewde overheden geven aan dat door gebrek aan mankracht en budget slechts een klein deel van de fabrieken bezocht kan worden. Als er een overtreding wordt gesignaleerd, wordt eerst geprobeerd het probleem op informele wijze op te lossen. Volgens de overheid lukt het bijna nooit een fabriek daadwerkelijk te beboeten en als dit wel lukt zijn de opgelegde straffen laag. Het risico op een geldboete is erg klein in verhouding met de hoge kosten van waterzuivering. Deze praktijk motiveert fabrikanten niet om te investeren in dure zuiveringstechnologieën. Een vertegenwoordiger van de industrie geeft aan dat goedwillende fabrikanten niet kunnen concurreren met de goedkope productie van fabrieken met gebrekkige waterzuivering.
De vraag die overblijft is: welke actor zou de leiding moeten nemen in de aanpak van het waterkwaliteitsprobleem? Vrijwel alle stakeholders beschouwen de provinciale overheid (West Java EPA) nog steeds als de belangrijkste actor op het gebied van waterkwaliteit. De monitoring wordt echter gedaan door de districten (decentralisatie) terwijl de formele verantwoordelijkheid is overgeheveld naar de nationale overheid (nationaal strategisch belang). Door de bestuurlijke reorganisaties zijn de formele bevoegdheden, verantwoordelijkheden en middelen van de stakeholders niet meer in balans. Omdat de verschillende overheden slecht geïntegreerd zijn, zowel verticaal als horizontaal, kan de provinciale overheid zijn werk niet goed doen. Dit versterkt de waterkwaliteitsproblematiek in het gebied.

Data-analyse: karakterisering waterkwaliteit

De waterkwaliteitsdata zijn verzameld bij tien instituten. Er bleken grote verschillen te zijn in inhoud en betrouwbaarheid van de data.
In het algemeen zijn er veel missende gegevens en is vaak niet duidelijk waar en wanneer een monster precies genomen is. Het type parameters waarop een monster beoordeeld wordt wisselt sterk per stakeholder. Daarnaast zijn de analyses door uiteenlopende laboratoria, volgens verschillende methoden, beoordeeld. Het resultaat is dat verschillende instanties die op dezelfde plek monitoren met sterk uiteenlopende resultaten komen (vgl. afbeelding 4). Toch bleken de beschikbare data bruikbaar om een grove indicatie te geven van de waterkwaliteit in het gebied. Daarnaast hebben we ook zelf data verzameld in het veld om beter inzicht te krijgen in de variabiliteit van waterkwaliteit in de tijd.
Met behulp van vier methoden is inzicht verkregen in de waterkwaliteit. De eerste methode is gebaseerd op eigen data, de andere drie methoden op data van de overheid. (1) Op drie plaatsen is een Leveloggersensor in de rivier geplaatst, waarmee de waterhoogte, conductiviteit en temperatuur van het water om de 10 minuten zijn geregistreerd. Deze gegevens zijn vergeleken met de door de overheid verzamelde data op deze drie locaties. (2) De waterkwaliteit in het droge seizoen is vergeleken met die in het natte seizoen. (3) De ontwikkeling van de waterkwaliteit in de hoofdrivier is inzichtelijk gemaakt door verschillende datasets te vergelijken. (4) Met behulp van Geo-Informatiesystemen (GIS) is van een groot aantal monitorlocaties het bovenliggend stroomgebied bepaald. Vervolgens is met behulp van satellietbeelden bepaald wat het landgebruik in ieder stroomgebied is. Zo is systematisch onderzocht

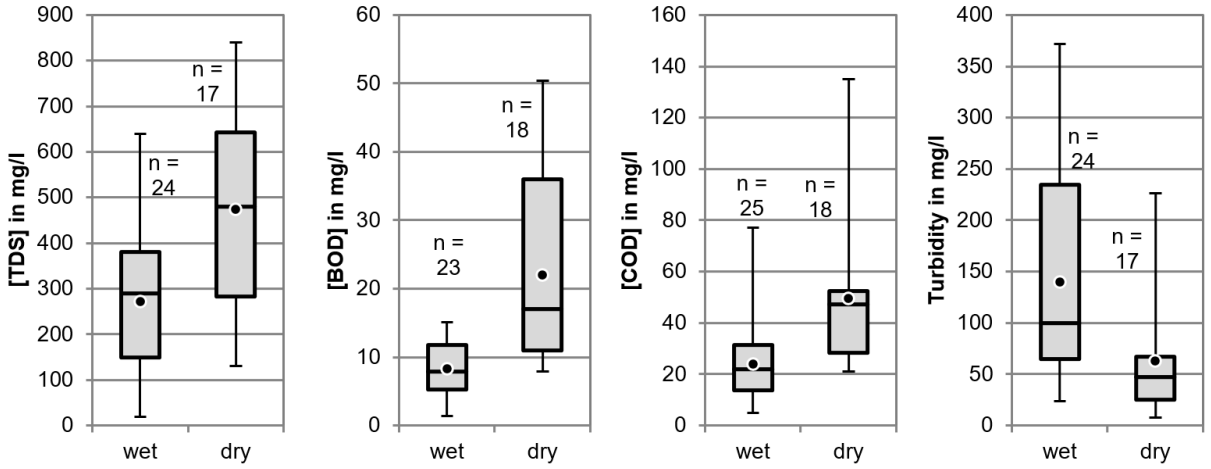
welke invloed het landgebruik heeft op de waterkwaliteit. Hieronder worden de resultaten van de vier methoden besproken.

(1) In afbeelding 2A is te zien dat sensor 1 in een industriële beek (debiet ca. 1 m^3/s) en sensor 2 in een landbouwgebied (met vergelijkbaar debiet) is geplaatst. De derde sensor werd geplaatst direct na het punt waar de eerste twee beken samenstromen. In afbeelding 2B is te zien hoe de temperatuur, waterhoogte en conductiviteit op deze locaties variëren. Afbeelding 2C laat zien dat onze metingen grofweg overeenkomen met de observaties van de lokale overheid. De textielfabrieken (sensor 1) leiden tot een verhoging van de watertemperatuur, totaal opgeloste stoffen (TDS), biochemisch zuurstofverbruik (BOD) en concentratie Zink (Zn).



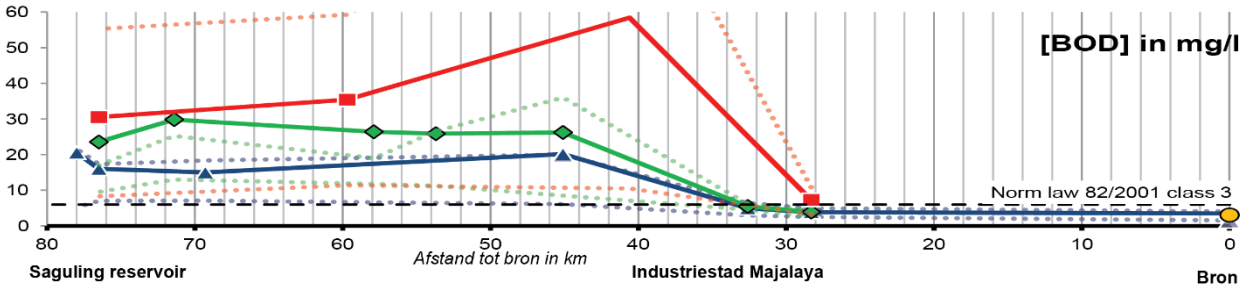
Afbeelding 2. Waterkwaliteit in een industriële (Cipadaulun) en een landbouwbeek (Cirasea). A: schematisch overzicht van de monsternamelocaties van de districtsoverheid (geel) en de locaties van de Leveloggersensoren (rood, groen en blauw). B: temperatuur, waterdiepte en conductiviteit zoals gemeten door de Leveloggersensoren van 3 t/m 11 maart 2015. C: temperatuur, TDS, BOD en Zn zoals gemeten door de districtsoverheid in de periode 2011-2013.

(2) In de hoofdrivier, vlakbij het stuwmeer, bleken de concentraties TDS, BOD en COD tijdens het droge seizoen ongeveer twee keer zo hoog als tijdens het natte seizoen (afbeelding 3). Het water was tijdens het natte seizoen juist significant troebeler. Het eerste verschijnsel kan verklaard worden door de kleinere debieten (concentratie-effect) tijdens het droge seizoen. Het tweede verschijnsel heeft waarschijnlijk te maken met toegenomen erosie en turbulentie in het water als gevolg van hevige regenval.



Afbeelding 3. TDS, BOD, COD en troebelheid in het droge en natte seizoen bij het instroompunt (Nanjung) van de Citarum in het Saguling-stuwmeer.

(3) In afbeelding 4 is de loop van de rivier geschematiseerd en het verloop van de concentratie BOD inzichtelijk gemaakt. Het is opvallend dat de eerste 30 kilometer van de rivier relatief schoon is en dat de grootste verslechtering van de waterkwaliteit plaatsvindt bij het passeren van het industriestadje Majalaya. Wat verder opvalt is dat de concentraties in de rest van de rivier grofweg hetzelfde blijven, hoewel er diverse zijrivieren bijkomen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de vervuiling in de rest van het stroomgebied gemiddeld genomen net zo erg is als in Majalaya. De normen voor BOD worden drie kwart van de tijd overschreden.



Afbeelding 4. Verloop van het BOD over de rivier in de periode 2010-2014 volgens drie verschillende stakeholders (rood, groen, blauw). Doorgetrokken lijn: gemiddelde waarden. Stippellijnen: 25%- en 75%-percentiel van de waarnemingen, grofweg corresponderend met het natte en droge seizoen.

(4) In Tabel 1 zijn de resultaten van de regressieanalyse tussen landgebruik en waterkwaliteit weergegeven. De aanwezigheid van zowel industrie als stedelijk gebied blijkt een belangrijke factor te zijn voor het verklaren van hoge concentraties BOD, COD en zink.

Uit deze en andere analyses die uitgebreid zijn beschreven in het originele onderzoek [9], blijkt dat industrie en stedelijk gebied de grootste bijdragen leveren aan verslechtering van de waterkwaliteit (BOD, COD, zink, bacteriële verontreiniging). Ook de impact van veeteelt op de waterkwaliteit is duidelijk zichtbaar (bacteriële verontreiniging). De impact van landbouwactiviteit is niet zichtbaar in de gekozen parameters. Hier zal verder onderzoek naar gedaan moeten worden.

Tabel 1. Resultaten regressieanalyse tussen landgebruik en waterkwaliteit. Regressiecoëfficiënt R^2 (%) geeft aan welk deel van de spreiding in waterkwaliteitsdata verklaard kan worden uit een landgebruikstype. Negatieve waarden duiden op een positieve invloed van het landgebruik op de waterkwaliteit

Landgebruik/ parameter	**Bebouwing**	**Bos**	**Rijstvelden**	**Droge gewassen**	**Industrie**
BOD	23	-47	0	-1	49
COD	28	-47	-1	2	58
Bacteriële vervuiling (Coliform)	39	-2	3	-2	15
Zn	94	-31	0	-36	20

Conclusie en aanbevelingen

Er zijn veel factoren die bijdragen aan de verslechtering van de waterkwaliteit in het Bandung-stroomgebied. Alle factoren blijken echter te herleiden tot sociaal-bestuurlijke problemen. De oplossing moet daarom in eerste instantie niet in de technische hoek worden gezocht. Technische maatregelen kunnen een bijdrage leveren, maar zijn alleen zinvol als ze op bestuurlijk en sociaal draagvlak kunnen rekenen. De data-analyse laat zien dat de industriële activiteit de grootste bijdrage levert aan de watervervuiling, op de voet gevolgd door de stedelijke gebieden. Bij het aanpakken van het probleem moet de focus daarom liggen op het handhaven van de industriële emissiestandaarden. Daarnaast kan de overheid zelf een grote bijdrage leveren door de afvalinzameling, rioleringsinfrastructuur en waterzuivering in de stad Bandung te verbeteren. Op bestuurlijk vlak zou het verstandig zijn om de positie

van de provinciale overheid (West Java EPA) verder te versterken. Zowel de verticale (district – provinciale – nationale overheid) als de horizontale integratie van de verschillende overheden moeten sterk verbeterd worden. Het standaardiseren en uitwisselen van datasets heeft hierbij hoge prioriteit. Kortom, de complexe problematiek in het *Bandung-stroomgebied* vraagt om een integrale benadering, waarin technische, sociale en bestuurlijke kennis gecombineerd wordt.

Drie lessen over onderzoek in een ontwikkelingsland:

- Op het eerste gezicht lijkt de vervuiling van het *Bandung-stroomgebied* een technisch probleem. De complexiteit van het sociaal-bestuurlijke systeem leidt er echter toe dat technische oplossingen niet goed geïmplementeerd worden.
- De complexiteit van de analysemethoden moet aansluiten op de aard en betrouwbaarheid van de data. In dit geval is de betrouwbaarheid van de data erg laag. Daarom kan volstaan worden met relatief eenvoudige statistische analysemethoden. Deze kunnen al heel veel inzicht verschaffen bij de verschillende actoren.
- Het is niet effectief om resultaten van dit soort onderzoek alleen vast te leggen in een dik rapport. Door een video te maken wordt een veel groter publiek bereikt, en worden mensen getriggerd om ook het rapport eens door te nemen.

Dankwoord

Dit artikel is gebaseerd op de bachelorscriptie (BSc) van Kees van Ginkel aan de Universiteit Twente. Denie Augustijn (Universiteit Twente) en Gertjan Geerling (Deltares, Radboud Universiteit) hebben als begeleiders een belangrijke bijdrage geleverd aan de kwaliteit en inhoud van dit onderzoek [8]. Daniël Tollenaar (Deltares) heeft de dagelijkse begeleiding verzorgd en het onderzoek gefaciliteerd. Het afspreken voor de interviews, verkrijgen van de datasets en uitvoeren van het veldwerk is grotendeels te danken aan Lufiandi (West Java EPA, Radboud Universiteit). Gül Özeröl (Universiteit Twente) heeft de stakeholderanalyse begeleid [9].

Het onderzoek vond plaats in het kader van de samenwerking tussen Deltares, de Radboud Universiteit en ITB. Meer informatie hierover is te vinden op www.water-health-development.org.

Referenties

1. Sherwell, P. (2016). $40bn to save Jakarta: the story of the Great Garuda. *The Guardian*, 22 November 2016. Verkregen via www.theguardian.com.

2. Cavelle, J. (2013). A political ecology of the Citarum River basin: exploring IWRM in West Java, Indonesia. *Berkeley Undergraduate Journal*, 86-107.

3. Deltares (2012). Upper Citarum River Basin Flood Management. Technical Assistance Asian Development Bank, Package C.

4. Prihandrijanti, M., Firdayati, M. (2011). Current Situation and Considerations of Domestic Wastewater Treatment Systems for Big Cities in Indonesia (Case Study: Surabaya and Bandung) 1(2), 97–104.

5. Hudalah, D., Zulfahmi, F., Firman, T., (2013). Regional governance in decentralizing Indonesia: learning from the success of urban-rural cooperation in metropolitan Yogyakarta, in: Bunnell, T., Parthasarathy, D.,

Thompson, E.C. (Eds.), *Cleavage, Connection and Conflict in Rural, Urban and Contemporary Asia*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 65–82. doi:10.1007/978-94-007-5482-9

6. Darmawan, R.E.D. (2008). The practices of decentralization in Indonesia and its implication on local competitiveness. MSc-thesis, University of Twente.

7. Green, K. (2005). Decentralization and good governance: The case of Indonesia. MPRA paper No. 18097, University of Munich.

8. Ginkel, C.H. van, Özeröl, G., Lufiandi (2015). Water quality monitoring in the Bandung Basin: rethinking the role of stakeholders. 5th Environmental Technology Management Conference Bandung: Institut Teknologi Bandung.

9. Ginkel, C.H. van (2015). Water quality of the Bandung Basin: towards a better understanding of the water quality in the Upper Citarum River Basin. BSc-thesis, University of Twente.