



## DE IMPACT VAN DUURZAME DECENTRALE INFRASTRUCTUREN: Een Analyse Van Contextuele Veranderingen In De Water- En Energiesector

Giezen M<sup>1</sup>, Brouwer S.,<sup>2</sup> Van Vliet B.<sup>3</sup>

### Website:

De waterinfrastructuur in Nederland lijkt steeds meer te fragmenteren door toepassing van decentrale technieken. Om een eerste beeld te krijgen van de mogelijke contextuele systeemveranderingen die hierop van invloed kunnen zijn, maken we door middel van een literatuurstudie een vergelijking met de energiesector. Deze heeft immers al langere tijd te maken met de introductie van decentrale technieken en de gevolgen hiervan op productie, distributie en consumptie zijn ook al duidelijk zichtbaar. Deze literatuurstudie laat zien dat hoewel er zeker overeenkomsten zijn, de verschillen tussen de twee infrastructuursystemen toch groot zijn. Vergeleken met elektriciteit maken de fysieke kenmerken van water en waterinfrastructuur het moeilijker om meerdere leveranciers te hebben. Ten tweede is water veel meer dan elektriciteit omgeven door wetgeving die zich richt op milieu en volksgezondheid. Een klantgerichte benadering wordt ook in de watersector echter steeds belangrijker. De waterconsument is immers dezelfde als die van energie en verschuiving van verantwoordelijkheden en mogelijkheden in de energiesector zullen dan ook hun invloed hebben op de verwachtingen bij burgers op het gebied van andere infrastructuur diensten. Samenvattend, dat er systeemveranderingen zullen plaatsvinden in de watersector lijkt onvermijdelijk, maar deze zullen een andere richting krijgen dan die van de energiesector. Water wordt toch nog altijd meer als een publiek goed gezien dan energie, en de watervoorziening is meer gericht op gezondheid dan op efficiency en winst.

Zie voor een korte versie van deze bijdrage <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/1434-de-energiesector-als-lichtend-of-verblindend-voorbeeld>

### Introductie

Om een beeld te krijgen van de mogelijk toekomstige verdere toepassing van decentrale technieken in de waterketen kijkt dit stuk naar de belangrijkste contextuele systeemveranderingen die hierop van invloed kunnen zijn. Hiertoe wordt niet enkel gekeken naar de watersector zelf, maar vooraleerst naar de energiesector, daar juist deze sector voorop loopt in de ontwikkeling en toepassing van een decentrale infrastructuur. We kijken hierbij vanuit vier verschillende perspectieven of domeinen: technologisch, economisch, sociaal-cultureel en institutioneel. In een korte afsluitende paragraaf brengen we beide sectoren en deze vier perspectieven samen.

### Technologisch

Door een snelle technologische voortuitgang zijn decentrale energievoorzieningen de laatste decennia veel goedkoper geworden waardoor zij in toenemende mate competitief zijn ten opzichte van centrale energiewinningstechnieken. Dit ziet men ook terug in de toename van privaat gebruik van deze technieken. Tegelijkertijd zijn er echter nog wel enkele barrières die de grootschalige implementatie van deze technieken belemmeren. Belangrijke barrières voor de implementatie van decentrale technieken hebben bijvoorbeeld te maken met de benodigde vaardigheden voor de 'operations and maintenance' (Yaqoot, Diwan, & Kandpal, 2016). Vooral bij meer complexe technieken, waarbij bepaalde handelingen op het juiste moment worden gevraagd van gebruikers, blijken decentrale technieken minder goed te functioneren. In Nederland is ontzorging en gebruiksvriendelijkheid van

---

<sup>1</sup> Centre for Urban Studies, Universiteit van Amsterdam (UvA)

<sup>2</sup> KWR Watercycle Research Institute

<sup>3</sup> Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions, Universiteit Wageningen (WUR)



decentrale energie toepassingen toegenomen met de komst van nieuwe (intermediaire) energie dienstverleners (Van Vliet, 2012). Zij bieden diverse arrangementen voor de aanschaf, financiering, en monitoring van zonnepanelen, voor zowel individuele huishoudens als coöperaties. De ontwikkeling van decentrale energietechnieken is samengegaan met uitbreiding en diversifiëring van serviceverlening aan gebruikers.

Technieken waarvan verwacht kan worden dat die de volgende impuls zullen geven aan een verdere opschaling van decentrale energietechnieken zijn energie-opslagtechnieken (Orehounig, Evins, & Dorer, 2015; Silva Herran & Nakata, 2012) en smart-grids (Adil & Ko, 2016; Naus, Spaargaren, van Vliet, & van der Horst, 2014; Roscia et al., 2013). Beiden hebben ook direct invloed op de benodigde capaciteit van het centrale distributiesysteem. Een verbetering van energie-opslagtechnieken vermindert de druk op de centrale infrastructuur. Met name op het gebied van piekbelasting is het gewenst dat lokaal gewonnen energie ook lokaal wordt opgeslagen, om te voorkomen dat teruglevering van elektriciteit een te grote druk legt op huidige capaciteit van het net. Smart-grids maken het mogelijk dat op een slimme wijze te doen door bijvoorbeeld elektrische auto's te gebruiken als opslagcapaciteit. Het betekent ook het coördineren van het stroomgebruik van vele apparaten met behulp van slimme meters en de zogeheten Internet of Things (IoT) waardoor apparaten kunnen communiceren (Mangoyana & Smith, 2011). Dit zorgt ervoor dat vraag en aanbod op elk moment van de dag zo efficiënt mogelijk op elkaar kunnen worden afgestemd.

Technologische innovatie in de Nederlandse watersector loopt uiteen van grijswater zuivering door lokale helofytenfilters tot medicijnrestenverwijdering bij ziekenhuizen en fosfaatterugwinning in rioolwaterzuiveringsinstallaties. Decentrale technieken op het gebied van waterwinning, waterrecycling en waterzuivering doen in toenemende mate hun intrede. Hierin wordt een onderscheid gemaakt tussen twee typen decentrale technieken: natuurlijke en mechanische (Massoud, Tarhini, & Nasr, 2009). Bij natuurlijke technieken wordt er gebruik gemaakt van natuurlijke elementen, zoals filtratie door zandfilters en plantenwortels. Bij de mechanische technieken kan men denken aan vacuümsystemen. De natuurlijke technieken hebben twee grote beperkingen: tijd en ruimte, waarvan ze beiden veel nodig hebben (Morrissey, Iyer-Raniga, McLaughlin, & Mills, 2012; Spiller, 2016). Dit betekent dat ze met name voor in peri-urbane en rurale locaties geschikt zijn. Mechanische technieken zijn beter toepasbaar en rendabeler in dichtbebouwde gebieden, maar brengen echter grotere kosten met zich mee in zowel aanleg als onderhoud (Roefs 2017).

De meeste academische literatuur binnen dit domein richt zich op hybride systemen waarbij een combinatie van centrale en decentrale infrastructuur wordt gebruikt. Decentrale afvalwaterzuiveringstechnieken kunnen inmiddels nagenoeg alles wat centrale technieken ook kunnen (Libralato, Volpi Ghirardini, & Avezzù, 2012). Echter, het nadeel van de decentrale afvalwater technieken is dat ze beperkter gebruik kunnen maken van schaalvoordelen omdat in tegenstelling tot bijvoorbeeld technieken als zonnepanelen, decentrale waterzuiveringstechnieken meer afhankelijk zijn van de specifieke context en omdat productie en installatie veelal duurder is (Roefs2017). Bovendien wordt door het gebruik van decentrale technieken in de afvalzuivering de vervuilingconcentratie in het centrale systeem groter waardoor ook aanpassingen in centrale systemen nodig zijn (Arora, Malano, Davidson, Nelson, & George, 2015). Tegelijkertijd bieden hogere concentraties wel efficiëntievoordelen in de winning van energie en grondstof terugwinning in de rioolwaterzuivering (van Loosdrecht & Brdjanovic, 2014).



### Economisch

Los van de technische (on)mogelijkheden spelen bij een eventuele afweging over te stappen en te kiezen voor decentrale technieken ook de aanschafkosten, de gebruiks- en onderhoudskosten, en de verwachte relatieve opbrengst een cruciale rol (Pepermans, Driesen, Haeseldonckx, Belmans, & D'haeseleer, 2005). En hoewel decentrale energievoorzieningen de laatste decennia veel goedkoper zijn geworden, blijft bij de ontwikkeling en verspreiding van decentrale energietechnieken een belangrijk knelpunt het behalen van economische schaalvoordelen (Bunning, 2011; Hodson & Marvin, 2010; Hoppe & van Bueren, 2015). Dit betreft zowel de productie als de consumptie van energie. Ten eerste zijn nieuwe technieken in het algemeen duurder dan bestaande omdat er nog geen grootschalige productie is. Ten tweede zijn de kosten van de aanschaf van de techniek hoger omdat deze over minder mensen verdeeld worden. Het maakt uit of een nieuwe techniek wordt betaald door de volledige bevolking van een stad, dan wel wordt betaald door slechts enkele huishoudens. Het heeft dan ook een lange tijd geduurd voordat decentrale energietechnieken betaalbaar werden in vergelijking tot traditionele energievoorziening. Slimme manieren van inkopen door woningbouwverenigingen, consumentenorganisaties en burger-coöperaties hebben een belangrijke rol gespeeld bij het reduceren van de aanschafkosten voor grotere groepen (Hoppe, Graf, Warbroek, Lammers, & Lepping, 2015; Oteman, Wiering, & Helderma, 2014). Een keerzijde van de toenemende afkoppeling van het centrale net is dat de kosten van elektriciteitsdistributie via het centrale net over minder gebruikers verdeeld moet worden. Het centrale systeem wordt dus duurder naarmate decentrale technieken wijder verspreid raken.

Kijken we wederom naar de watersector dan kan worden vastgesteld dat vergeleken met energiebesparing de economische urgentie voor waterbesparing in Nederland vooralsnog beperkt lijkt. In landen zoals Australië en landen in het mondiale Zuiden zijn de economische ontwikkelingen gunstiger voor de implementatie van decentrale technieken (Libralato et al., 2012). Zowel een toename van de bevolking als een afname van de bevolking lijkt van invloed te zijn op de aantrekkelijkheid van decentrale technieken (Mankad, 2011). Bij een sterke toename van de bevolking kan het voorkomen dat het centrale systeem de piekbelasting niet meer aan kan. Maar bij een bevolkingsafname kunnen centrale voorzieningen als de drinkwaterleiding en het rioolstelsel potentieel in gevaar komen door gebrek aan doorspoeling (Sapkota et al., 2014).

De economische ontwikkeling die decentrale systemen stimuleert is gerelateerd aan de populatiedichtheid van ruimtelijke ontwikkelingen (Libralato, 2012; Sapkota, 2016) en de mate van privatisering (Marshall, 2016; Acheampong, 2016; Rijke, 2013). Hoe lager de dichtheid, hoe rendabeler het inzetten van decentrale technieken wordt vanwege de kosten van het aanleggen van leidingen. Ook in Nederland wordt in rurale gebieden vaak gebruik gemaakt van IBA oplossingen of septic tanks. Een herwaardering van landelijk wonen in rurale of peri-urbane gebieden zou dan ook kunnen leiden tot een toename van de markt voor decentrale technieken. Privatisering van waterbeheer heeft in landen zoals Australië geleid tot een voor de consument duurder systeem. In tegenstelling tot energielevering is de leidingwatervoorziening een natuurlijk monopolie (het ene water is het andere niet en er kan niet tegelijk meerdere typen water van verschillende bedrijven door het systeem) binnen een afgebakend ruimtelijk domein. Door de toename van kosten zou het uiteindelijk aantrekkelijker kunnen worden voor burgers en bedrijven om hun eigen systemen te organiseren (Pahl-Wostl, 2014; Ahlers, 2014). Vanuit economisch perspectief is er in Nederland vooralsnog geen reden om als burger te kiezen voor decentrale technieken, zeker niet op het gebied van drinkwater. De kostenontwikkeling van het centrale systeem is een cruciale contextuele factor waarbij het bij ongewijzigd beleid niet waarschijnlijk is dat hier binnen afzienbare tijd substantiële verandering in komt.



### Sociaal-cultureel

Technologische innovaties moeten passen bij de sociaal-culturele praktijken die in een lokale context worden gehanteerd. Hoewel energiewinning door middel van vergisting bijvoorbeeld vanuit een energetisch perspectief efficiënt kan zijn, zou deze efficiëntie teniet kunnen worden gedaan door het verkeerd scheiden van afvalstromen of het incorrect gebruiken van de technologie. Ook is gebleken dat het beschikbaar zijn van informatie over het energiegebruik niet genoeg is om op lange termijn verandering te bewerkstelligen in patronen van handelen van huishoudens.

Anderzijds zijn juist de sociale interactiemogelijkheden van burgers van belang bij de bewerkstelling van de implementatie van nieuwe energietechnieken (Naus, van Vliet, & Hendriksen, 2015). Zo zijn er in de afgelopen 20 jaar nieuwe verticale banden ontstaan met energieleveranciers waarbij er meer sprake is van interactie dan voorheen, en waarbij energieleveranciers hun klanten ook benaderen als energieleveranciers. Daarnaast zijn er horizontale banden ontstaan waarbij burgers meer met elkaar in coöperatieven participeren om energiemaatregelen toe te passen. Van belang is dat veel burgers een mate van autonomie, en privacy willen behouden wat betreft hun energiepraktijken, terwijl juist dat vaak onder druk komt te staan in collectieve participatieve processen. Een slimme en efficiënte aansturing van energiegebruik in huis kan bijvoorbeeld het beste automatisch geregeld worden, waarbij afhankelijk van vraag en aanbod van energie een wasmachine aan-, of een diepvriezer afgeschakeld kan worden. Het zelf kunnen bepalen wanneer de was wordt gedaan is voor veel gebruikers echter een groot goed. Bovendien zijn voor een netwerkbeheerder de dagschema's van gebruikers moeilijk onder te brengen in algoritmes; waar smart grids rekenen vanuit een energetisch optimum, rekenen burgers vanuit een tijds optimum of redundantie binnen hun dagschema.

Interessant is ook om te kijken naar de energietransitie in Duitsland (Fuchs & Hinderer, 2016). Het succes van de energietransitie daar lijkt veel te maken te hebben gehad met een breed gedragen maatschappelijke afkeer van kernenergie in combinatie met een afkeer van de afhankelijkheid van grote energieleveranciers. Decentrale energieopwekking werd door burgers, maar ook door gemeenten en regionale overheden, als een manier gezien om de oligarchie van energieleveranciers te doorbreken en energie te democratiseren. Een gedeeld ideaal bij een brede coalitie van actoren lijkt aldus zeer belangrijk te zijn voor de implementatie van decentrale technieken.

Aan water worden door gebruikers andere culturele waarden gehecht dan aan energie. Drinkwater wordt geassocieerd met de eigen en publieke gezondheid, met natuur en - veel meer dan bij energie – met een publieke voorziening (Hegger et al., 2009). Het hergebruik van water wordt door gebruikers vaak benaderd met een mate van angst en afschuw. Men vindt het eng en vies (Mankad & Tapsuwan, 2011; Russell & Hampton, 2006; Sofoulis, 2006). Water moet van goede kwaliteit zijn en de bron, in het bijzonder die van drinkwater, moet duidelijk zijn. Maar ook bij decentrale afvalwaterzuivering spelen culturele waarden een rol. Toiletgebruik is omgeven door taboes, en sociale normen rond privacy en hygiëne. Spoeltoiletten zijn de norm geworden en juist zo aantrekkelijk vanwege de toepassing van het “flush-and-forget” idee (van Vliet en Spaargaren, 2010). Urine scheidingstoiletten waarbij zittend plassen vereist is, of composttoiletten, waarbij geen spoeling te pas komt, roepen weerstand op omdat ze worden beschouwd als ongemakkelijk, vies, of een stap terug in de beschaving.

Een belangrijk argument voor zowel voor- als tegenstanders van decentrale technieken zijn de gezondheids- en milieurisico's (Mankad & Tapsuwan, 2011; Ross, Abeyasuriya, & Mikhailovich, 2014; Yu, Brown, & Morison, 2012). Voorstanders propageren dat decentrale of hybride systemen minder kwetsbaar zijn voor extreme weersomstandigheden falen als gevolg van bijvoorbeeld stroomstoringen. Doordat decentrale systemen bij de bron werken, is er minder risico op ernstige grondwatervervuiling



bij het overvloeien. Interessant is dat ook tegenstanders van decentrale systemen risico's naar voren brengen als argument. Ditmaal zitten de risico's in het niet goed onderhouden van decentrale systemen en de ontoereikende controle op de kwaliteit en daardoor een toename in de risico's voor het milieu (Quezada, Walton, & Sharma, 2016b). Toch wordt ook erkend dat de toename van hoge standaarden een druk op centrale systemen kan zetten, die in sommige gevallen beter opgevangen kan worden door decentrale technieken (Quezada, Walton, & Sharma, 2016b). Zeker middels hybride systemen kunnen soms hogere standaarden gehaald worden.

Milieuzorgen spelen ook een rol bij de mogelijke vraag naar decentrale systemen. Ze hebben van oudsher (Schumacher, 1973) het imago duurzamer te zijn (Acheampong, Swilling, & Urama, 2016; Mankad & Tapsuwan, 2011; Marlow, Moglia, Cook, & Beale, 2013; Sharma, Burn, Gardner, & Gregory, 2010). Afhankelijk van welke aspecten en op welke schaal gekeken wordt kunnen ze dat ook zijn, zij het lang niet altijd. In gebieden met lage populaties zijn decentrale systemen veelal duurzamer op het gebied van energiegebruik en milieubelasting. De perceptie van de duurzaamheid van decentrale systemen kan implementatie stimuleren, maar zoals gezegd zijn er rond watervoorziening en toiletgebruik sociaal-culturele normen gegroeid die moeilijk te veranderen zijn.

### Institutioneel

Nationale wetgeving en Europese richtlijnen lijken een zeer grote rol gespeeld te hebben bij het opschalen van decentrale energietechnieken. Cruciaal was de liberalisering van de energiemarkt. Hierdoor werd de energieopwekking en levering losgekoppeld van het netbeheer. Dit opende de traditioneel gesloten monopolistische publieke netwerken en veranderde de burger van enkel een 'afnemer' naar een 'klant' met keuzevrijheid of een meer ideële burger-consument (Verbong & Geels, 2007) (van Vliet, 2012). De introductie van feed-in tarieven zorgde ervoor dat er een meer natuurlijke uitwisseling kwam tussen het centrale netwerk en de decentrale technieken. (Verbong & Geels, 2007) Opgewekte stroom hoefde niet meer direct op locatie te worden geconsumeerd maar kon ook weer teruggevoerd worden aan het centrale net en verrekend worden met de algemene energierekening. Of mensen konden hun eigen energiebedrijf beginnen middels de oprichting van energiecollectieven waarbij het opwekken van duurzame energie de doelstelling was. Naast technische, economische en sociaal-culturele factoren speelt dus ook de institutionele context onmiskenbaar een belangrijke rol in de ontwikkeling van decentrale systemen.

Andere voorbeelden die het belang van de institutionele context laten zien zijn onder meer de belasting op CO2 en de energietransitie in Duitsland. Zo blijkt dat een belasting op CO2 een zeer efficiënte maatregel is (Mangoyana & Smith, 2011) met betrekking tot het stimuleren van duurzame en decentrale technieken. Dus niet het belonen van goed gedrag maar juist het belasten van slecht gedrag lijkt het meeste effect te hebben. Dit komt omdat CO2 heffingen met name grote bedrijven treft. Kijken we wederom naar Duitsland dan zien we dat daar de rood-groene coalitie cruciaal was bij het bewerkstelligen van de energietransitie (Beermann & Tews, 2016). De participatie van de groene partij in de regering, gecombineerd met de brede maatschappelijke steun, zorgde ervoor dat institutionele verandering mogelijk werd. Het is belangrijk om te realiseren dat maatschappelijke transitie politieke steun nodig hebben.

Hoewel de institutionele arrangementen redelijk stabiel zijn gebleven in de waterzuiveringssector, zijn er ook hier een aantal belangrijke veranderingen die zouden kunnen leiden tot een meer of minder gebruik van decentrale technieken. Zo kunnen nieuwe milieustandaarden leiden tot een gunstiger klimaat voor decentrale systemen (Massoud et al., 2009). Wanneer er bijvoorbeeld strengere richtlijnen komen voor de temperatuur van lozing op het riool zou het voor bedrijven aantrekkelijk kunnen worden





om eerst decentraal energie en andere stoffen uit het afvalwater te halen voordat het naar de centrale installatie gaat. Strengere normen voor microverontreinigingen (medicijnresten) in afvalwater kunnen een stimulans zijn voor innovatie in zowel centrale als decentrale zuiveringstechnieken. De belangrijkste zorgen bij de implementatie van decentrale technieken lijkt te zijn wie er gaat zorgen voor voldoende controle op de waterkwaliteit en wie de problemen gaat oplossen mocht de eigenaar van de decentrale oplossing failliet gaan of zijn/haar verantwoordelijkheid niet nemen (Quezada, Walton, & Sharma, 2016a).

Een belangrijke verandering in Australië was de privatisering van de waterinfrastructuur (Quezada, Walton, & Sharma, 2016a). Hierbij werden voormalige nutsbedrijven gedwongen zich te organiseren als private bedrijven. Gecombineerd met het terugschroeven van subsidies werden zij verplicht de ware prijs van water en waterzuivering door te rekenen aan hun klanten en werden consumenten veelal geconfronteerd met een veel hogere rekening. Deze kostentoeename was in Australië een belangrijke motivatie voor decentrale oplossingen. De politieke houding ten opzichte van liberalisering is derhalve een contextuele factor die veel effect kan sorteren op de opkomst van decentrale technieken. Echter, tenzij er een situatie zou ontstaan dat de overheid overruled zou worden door internationale wetgeving, is privatisering van bijvoorbeeld de drinkwatersector in Nederland erg onwaarschijnlijk; in 2004 is in de wetgeving vastgelegd dat water volledig in het publieke domein moet blijven.

#### Tot slot

Een vergelijking van contextuele factoren die bepalen of energie en water infrastructures centraal of decentraal georganiseerd kunnen worden gaat enerzijds in vele opzichten mank. Er zijn immers fundamentele verschillen tussen energie en watervoorziening: energie infrastructuur laat meerdere leveranciers toe, laat zich makkelijker aanpassen, en valt beter te digitaliseren. Rond waterlevering en gebruik gelden robuuste normen ten aanzien van persoonlijke en publieke gezondheid, veiligheid en leveringszekerheid, en is er sprake van een kostbare infrastructuur om aan deze normen te voldoen. Ook de contextuele veranderingen zijn in vele opzichten anders. Zo zijn decentrale waterzuiveringstechnieken veel meer dan bij energie afhankelijk van de specifieke context, is de productie veelal duurder en mist een economische urgentie. Ook de institutionele en sociaal-culturele context is in veel opzichten sterk verschillend. Ondanks deze fundamentele verschillen tussen energie- en waterlevering is de vergelijking tussen de watersector en de recente ontwikkelingen in de energiesector waardevol. Decentrale technieken zoals zonnepanelen en smart meters vallen goed te vergelijken met regenwateropvangsystemen en smart water meters. Van de verspreiding en toepassing van deze technieken, de marketing, de financieringsmodellen en verantwoordelijkheden van energiebedrijven, woningbouwcoöperaties, installatiebedrijven en intermediaire organisaties valt voor de watersector veel te leren. Bovendien kan gesteld worden dat ook zonder liberalisering in de watersector een meer klant- of burgergerichte benadering opportuun zou zijn om burgers te betrekken bij de problemen en (decentrale) oplossingen. Het ligt immers voor de hand dat niet alleen wetenschappers, maar ook burgers zelf kijken naar de energiesector en daar hun verwachtingspatroon mede op afstemmen. Tenslotte vormen energieconsumenten geen andere doelgroep dan drinkwaterconsumenten.



#### Literatuur:

- Acheampong, E. N., Swilling, M., & Urama, K. (2016). Sustainable Urban Water System Transitions Through Management Reforms in Ghana. *Water Resources Management*, 30(5), 1835–1849. <http://doi.org/10.1007/s11269-016-1256-3>
- Adil, A. M., & Ko, Y. (2016). Socio-technical evolution of Decentralized Energy Systems: A critical review and implications for urban planning and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1025–1037. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.079>
- Arora, M., Malano, H., Davidson, B., Nelson, R., & George, B. (2015). Interactions between centralized and decentralized water systems in urban context: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(6), 623–634. <http://doi.org/10.1002/wat2.1099>
- Beermann, J., & Tews, K. (2016). Decentralised laboratories in the German energy transition. Why local renewable energy initiatives must reinvent themselves. *Journal of Cleaner Production*. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.130>
- Bunning, J. M. (2011). Governance supporting distributed energy systems for low carbon urban development. *MODSIM 2011 - 19th International Congress on Modelling and Simulation - Sustaining Our Future: Understanding and Living with Uncertainty*, 3017–3023. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84858854403&partnerID=40&md5=5e3cc4a40a51d56a0bff8a060201c9c7>
- Fuchs, G., & Hinderer, N. (2016). Towards a low carbon future: A phenomenology of local electricity experiments in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 128, 97–104. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.078>
- Hodson, M., & Marvin, S. (2010). Can cities shape socio-technical transitions and how would we know if they were? *Research Policy*, 39(4), 477–485. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.020>
- Hoppe, T., & van Bueren, E. (2015). Guest editorial: governing the challenges of climate change and energy transition in cities. *Energy, Sustainability and Society*, 5(1), 88. <http://doi.org/10.1186/s13705-015-0047-7>
- Hoppe, T., Graf, A., Warbroek, B., Lammers, I., & Lepping, I. (2015). Local Governments Supporting Local Energy Initiatives: Lessons from the Best Practices of Saerbeck (Germany) and Lochem (The Netherlands). *Sustainability*, 7(2), 1900–1931. <http://doi.org/10.3390/su7021900>
- Libralato, G., Volpi Ghirardini, A., & Avezzù, F. (2012). To centralise or to decentralise: an overview of the most recent trends in wastewater treatment management. *Journal of Environmental Management*, 94(1), 61–68. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.010>
- Mangoyana, R. B., & Smith, T. F. (2011). Decentralised bioenergy systems: A review of opportunities and threats. *Energy Policy*, 39(3), 1286–1295. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.057>
- Mankad, A., & Tapsuwan, S. (2011). Review of socio-economic drivers of community acceptance and adoption of decentralised water systems. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 380–391. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.037>
- Marlow, D. R., Moglia, M., Cook, S., & Beale, D. J. (2013). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. *Water Research*, 47(20), 7150–7161. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.046>
- Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 652–659. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>
- Morrissey, J., Iyer-Raniga, U., McLaughlin, P., & Mills, A. (2012). A Strategic Project Appraisal framework for ecologically sustainable urban infrastructure. *Environmental Impact Assessment Review*, 33(1), 55–65. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.10.005>



- Naus, J., Spaargaren, G., van Vliet, B. J. M., & van der Horst, H. M. (2014). Smart grids, information flows and emerging domestic energy practices. *Energy Policy*, 68(C), 436–446. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.038>
- Naus, J., van Vliet, B., & Hendriksen, A. (2015). Households as change agents in a Dutch smart energy transition: On power, privacy and participation. *Energy Research & Social Science*, 9, 125–136. <http://doi.org/10.1016/j.erss.2015.08.025>
- Orehounig, K., Evins, R., & Dorer, V. (2015). Integration of decentralized energy systems in neighbourhoods using the energy hub approach. *Applied Energy*, 154, 277–289. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.114>
- Oteman, M., Wiering, M., & Helderma, J.-K. (2014). The institutional space of community initiatives for renewable energy: a comparative case study of the Netherlands, Germany and Denmark. *Energy, Sustainability and Society*, 4(1), 11–17. <http://doi.org/10.1186/2192-0567-4-11>
- Pepermans, G., Driesen, J., Haeseldonckx, D., Belmans, R., & D'haeseleer, W. (2005). Distributed generation: Definition, benefits and issues. *Energy Policy*, 33(6), 787–798. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.004>
- Quezada, G., Walton, A., & Sharma, A. (2016a). Risks and tensions in water industry innovation: Understanding adoption of decentralised water systems from a socio-technical transitions perspective. *Journal of Cleaner Production*, 113, 263–273. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.018>
- Quezada, G., Walton, A., & Sharma, A. (2016b). Risks and tensions in water industry innovation: understanding adoption of decentralised water systems from a socio-technical transitions perspective. *Journal of Cleaner Production*, 113, 263–273. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.018>
- Roefs, I., Meulman, B., Vreeburg, J., & Spiller, M. (2017). Centralised, decentralised or hybrid sanitation systems? Economic evaluation under urban development uncertainty and phased expansion. *Water Research*. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.051>
- Roscia, M., Longo, M., & Lazaroiu, G. C. (2013). Smart City by multi-agent systems (pp. 371–376). Presented at the 2013 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICRERA.2013.6749783>
- Ross, K., Abey Suriya, K., & Mikhailovich, N. (2014). Governance for Decentralised Sanitation: Global Practice Scan. A Working Document.
- Russell, S., & Hampton, G. (2006). Challenges in understanding public responses and providing effective public consultation on water reuse. *Desalination*, 187(1-3), 215–227. <http://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.081>
- Sapkota, M., Arora, M., Malano, H., Moglia, M., Sharma, A., George, B., & Paminger, F. (2014). An Overview of Hybrid Water Supply Systems in the Context of Urban Water Management: Challenges and Opportunities. *Water*, 7(1), 153–174. <http://doi.org/10.3390/w7010153>
- Sharma, A., Burn, S., Gardner, T., & Gregory, A. (2010). Role of decentralised systems in the transition of urban water systems. *Water Science & Technology: Water Supply*, 10(4), 577–583. <http://doi.org/10.2166/ws.2010.187>
- Silva Herran, D., & Nakata, T. (2012). Design of decentralized energy systems for rural electrification in developing countries considering regional disparity. *Applied Energy*, 91(1), 130–145. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.09.022>
- Sofoulis, Z. (2006). Big Water, Everyday Water: A Sociotechnical Perspective. *Continuum*, 19(4), 445–463. <http://doi.org/10.1080/10304310500322685>
- Spiller, M. (2016). Adaptive capacity indicators to assess sustainability of urban water systems ??? Current application. *Science of the Total Environment*, 569-570, 751–761. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.088>





Kennisactie  
programma  
Water

samen vernieuwend organiseren

van Loosdrecht, M., & Brdjanovic, D. (2014). ***Anticipating the next century of wastewater treatment***

Advances in activated sludge sewage treatment can improve its energy use and resource recovery . *Science*. <http://doi.org/10.1126/science.1252817>

van Vliet, B. J. M. (2012). Sustainable Innovation in Network-Bound Systems: Implications for the Consumption of Water, Waste Water and Electricity Services. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14(3), 263–278. <http://doi.org/10.1080/1523908X.2012.702563>

Verbong, G., & Geels, F. (2007). The ongoing energy transition: Lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004). *Energy Policy*, 35(2), 1025–1037. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.02.010>

Yaqoot, M., Diwan, P., & Kandpal, T. C. (2016). Review of barriers to the dissemination of decentralized renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 477–490. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.224>

Yu, C., Brown, R., & Morison, P. (2012). Co-governing decentralised water systems: an analytical framework. *Water Science and Technology : a Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 66(12), 2731–2736. <http://doi.org/10.2166/wst.2012.489>