



Our Common City, het metabolisme van de stad

dr.ir. Karel Mulder

DE HAAGSE
HOGESCHOOL

Our Common City, het metabolisme van de stad

dr.ir. Karel Mulder

Rede ter gelegenheid van de aanvaarding van de benoeming
tot lector Stedelijk Metabolisme aan De Haagse Hogeschool

Inhoud

5	Inleiding
7	Nieuwe uitdagingen voor de stad
11	Het metabolisme van de stad
14	Het belang van infrastructuur
16	Innovatie
17	<i>Lock in in afvalwater</i>
18	De aanleiding
21	Amsterdam kiest Liernur stelsel
23	Den Haag legt Ververschingskanaal aan
26	Amsterdam, de eerste waterzuivering
30	De strijd om waterzuivering in Den Haag
32	Veranderingsprocessen in stedelijke infrasytemen
34	De huidige uitdaging: de circulaire economie
36	Een veranderingsstrategie
39	En nu concreet
40	Ten slotte
41	Referenties

Inleiding



Het is vandaag een bijzondere dag. Ongeveer twee en half jaar geleden begonnen gesprekken over een lectoraat Stedelijk Metabolisme aan deze instelling, ongeveer een jaar geleden begon ik hier met mijn werkzaamheden. Wellicht wat aan de late kant, maar nu kan ik dan hier mijn dank uitspreken aan het College van Bestuur van De Haagse Hogeschool en de directeur van de faculteit Technologie, Innovatie en Samenleving voor het in mij gestelde vertrouwen.

Nu, bijna twee en een half jaar na de eerste gesprekken kan ik u de plannen presenteren van het lectoraat Stedelijk Metabolisme. Dat lijkt lang maar een groot deel van die periode lagen onze gesprekken stil door een van de meest ingrijpende gebeurtenissen die je kunnen treffen, het vrij plotselinge overlijden van mijn vrouw, Lidy Lenferink.

Als je dus die periode in dat licht beziet, moet je zelfs constateren dat plannen binnen deze instelling verbluffend snel tot realisering kunnen worden gebracht; een snelheid die veelbelovend is gezien de problematiek die ik u zal schetsen: u zult vanmiddag horen dat stedelijke infrastructuur veel te langzaam innoveert om te kunnen voldoen aan de grote uitdagingen van deze tijd.

Ik zal u vanmiddag inzicht geven in de inhoudelijke plannen die ik heb als lector, en in wijder verband de plannen van het lectoraat waaraan ik leiding geef.

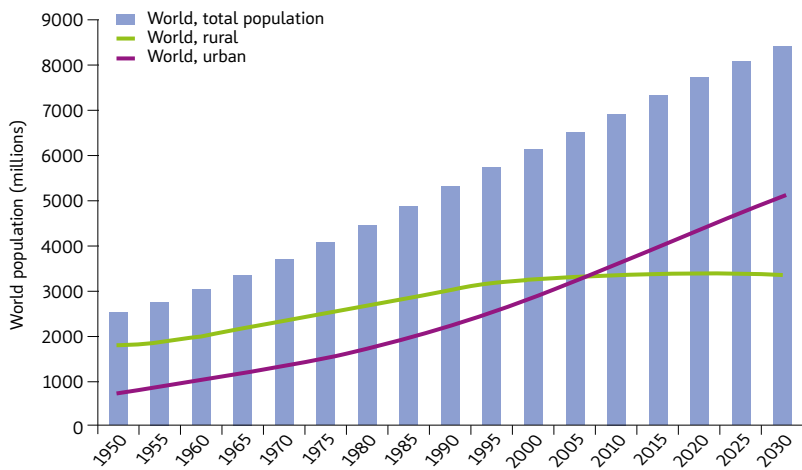
Ik zal beginnen met het schetsen van een aantal grote uitdagingen voor de stad, en wat die betekenen voor de systemen die nodig zijn om die stad te laten functioneren.

dr.ir. Karel Mulder

Nieuwe uitdagingen voor de stad

De 'Grand Challenges', de grote, globale uitdagingen van onze tijd, zoals klimaatverandering, grondstoffenschaarste, onrechtvaardige verdeling van kansen, en de aantasting van de natuur en biodiversiteit, kunnen alleen worden aangepakt door te innoveren in de stad. Waarom zult u zich wellicht afvragen?

Over de hele wereld verhuizen mensen in hoog tempo naar de stad. Woonden er in 1900 nog maar ongeveer 200 miljoen mensen in metropool regio's, tegenwoordig is dat aantal opgelopen tot meer dan 3,5 miljard en naar verwachting zal dat aantal omstreeks 2050 bijna 6,5 miljard bedragen^[1]. Een enorme verstedelijking die de groei van de wereldbevolking ver overtreft.



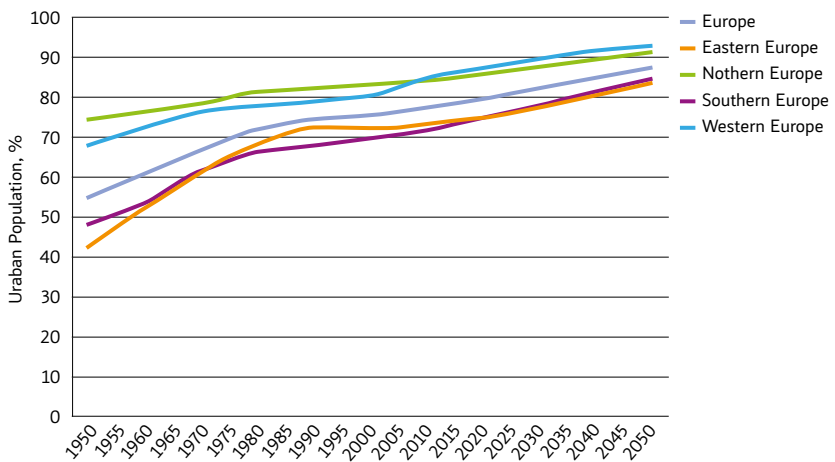
Figuur 1 Source: ^[2]

Deels trekken mensen naar de stad om economische redenen: steden zijn rijker dan het platteland. Dat betekent dus dat de trek naar de stad leidt tot meer consumptie van grondstoffen, meer afval en meer emissies.



Figuur 2 Ho Chi Minh city, (www.shutterstock.com)

Het beeld dat velen van de verstedelijking hebben, eindeloze sloppenwijken in ontwikkelingslanden, is maar een deel van het verhaal. Ontwikkelingslanden groeien economisch snel en dus worden golfplaat woningen op grote schaal vervangen door moderne flats. Goed voor de bewoners, maar ook een teken van grotere consumptie van grondstoffen.

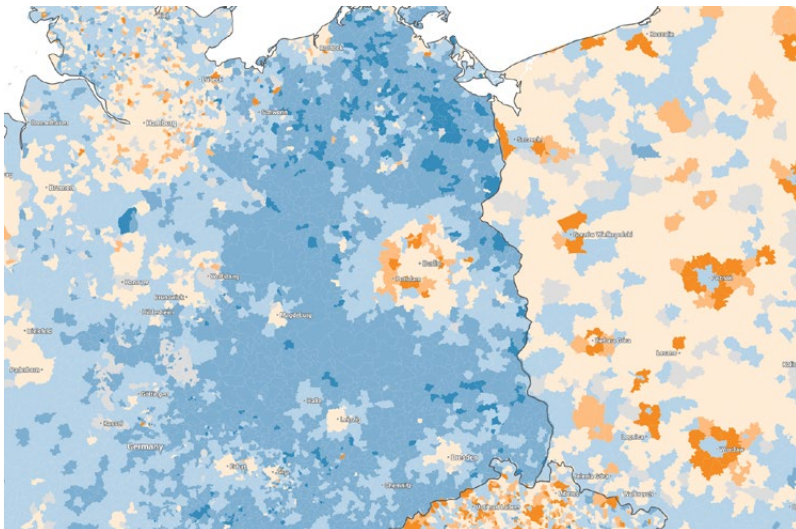


Figuur 3 Europese urbanisatie. Gebaseerd op data van (UN Department of Economic and Social Affairs Population Division 2012).

De trek naar de stad is niet slechts een fenomeen dat zich voordoet in ontwikkelingslanden. In 2050 woont waarschijnlijk meer dan 80% van de Europeanen in stedelijke gebieden, en dat geldt in feite voor alle delen van Europa. En ook hier is de stedeling een grotere consument van grondstoffen en een grotere producent van vervuiling.

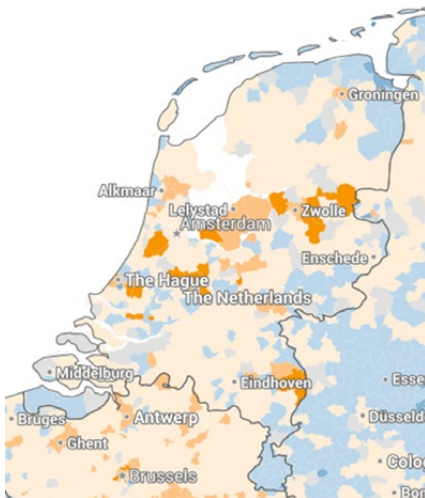
Wereldwijd groeien de steden en loopt het platteland leeg, een interessant fenomeen: tot ongeveer 10 jaar geleden werd vrij algemeen gedacht dat de toekomst op het platteland lag: Door informatisering en de opkomst van telewerken zouden we allemaal op het platteland gaan wonen en werken, en de stad zou leeglopen^[2]. Het beeld was zoiets als: allemaal een vrijstaande woning met ruime tuin, en de files vanzelf opgelost. Niets bleek dus minder waar! Dit is een interessant voorbeeld van hoe de technische wereld soms zijn technologische innovaties (in dit geval telewerken) ‘verkoop’t: met vaak overtrokken maatschappelijke beloftes. De realiteit blijkt achteraf soms heel anders uit te pakken.

Dat komt omdat technologische innovatie bijna nooit een substitutie proces is, oftewel “oude technologie gaat” en “nieuwe neemt de plaats in”. Nee, innovatie is een veel complexer proces waarin betrokkenen nieuw gedrag moeten ontwikkelen, organisaties moeten veranderen en vaak additionele technologie moet worden ontwikkeld.



Figuur 4 <http://interaktiv.morgenpost.de/europakarte/#5/48.415/11.294/de>

De stad blijkt dus de afgelopen 10 jaar een magneet te zijn voor het omliggende platteland. Heel fraai valt dat te zien met kaartjes van bevolkings**groei**. Zo wordt bijvoorbeeld het Noord Duitse platteland leeggezogen door Hamburg en Berlijn, maar ook Poolse steden groeien ten koste van hun rurale omgeving. En Nederland?



Figuur 5 <http://interaktiv.morgenpost.de/europakarte/#5/48.415/11.294/de>

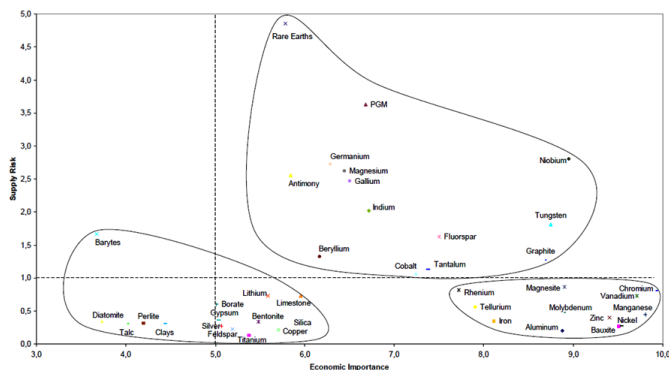
Het beeld van de bevolkingsontwikkeling van Nederland is in feite wat vertroebeld door meer lokale factoren, maar als je wat door je ooghaars kijkt, zie je bevolkingsafname vooral aan de randen, en groei met name in centraal Nederland. Nederland ontwikkelt zich in feite tot één stedelijk metropool gebied met leeglopend platteland in de periferie.

Het metabolisme van de stad

Over het belang van mitigatie van, en adaptie aan klimaatverandering hoef ik u waarschijnlijk niet veel meer te vertellen. Een energietransitie is nodig om de uitstoot van CO₂ terug te brengen, zeeweringen moeten worden versterkt, rivieren aangepast, extreme regenval en droogte moeten worden geacommodeerd, we zullen moeten leren omgaan met hittegolven, en we moeten rekening houden met de komst van exotische organismes, inclusief nieuwe ziekteverwekkers.

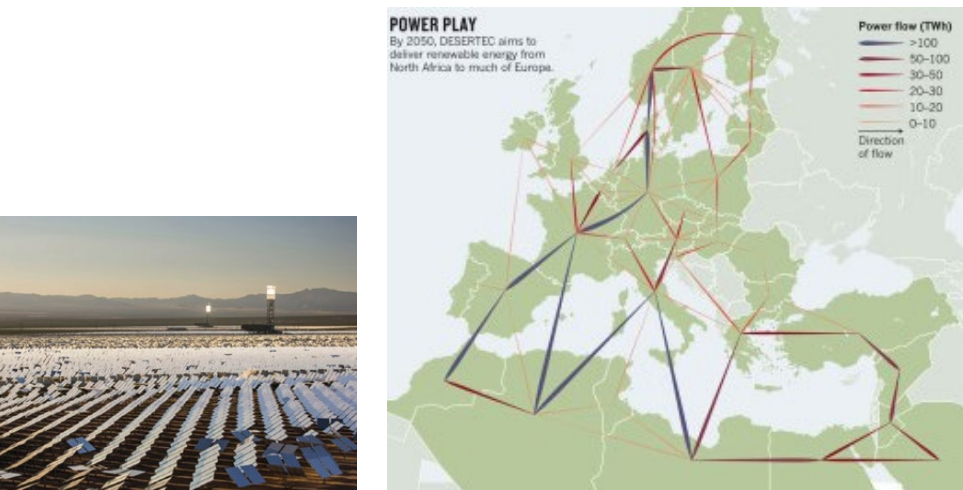
Om die CO₂ uitstoot reductie te realiseren zal er nog erg veel moeten gebeuren zoals huizen beter isoleren (goed voor de winter en de zomer, voor comfort en voor geluidsreductie), het verkeer elektrificeren, duurzame energie opwekken; het zijn allemaal ontwikkelingen, die majeure veranderingen vergen in de stad. De tijd daarvoor begint te dringen.

Daarnaast speelt het probleem van de schaarser wordende grondstoffen. De huidige situatie, waarbij we in feite vanuit de gehele wereld grondstoffen naar stedelijke gebieden laten komen, om die na consumptie weer onschadelijk te maken in afvalverbranders, kan op termijn niet doorgaan. Enerzijds raken sommige grondstoffen nu al uitgeput en is te voorzien dat op termijn grote problemen kunnen ontstaan om te



Figuur 6 Materialen: Economisch belang tov aanvoer risico^[4]

voorzien in de vraag naar bijvoorbeeld zeldzame aardmetalen. Grondstoffenprijzen fluctueren nogal, en iedere grondstoffencrisis leidt tot hamsteren en prijsstijgingen van die grondstoffen, die weer leiden tot bijvoorbeeld heropening van oude mijnen, en vermindering van gebruik. Daardoor valt de prijs vervolgens weer terug^[3]. ‘Niets aan de hand’ wordt dan vaak geconcludeerd, ‘we kunnen weer rustig gaan slapen...’ Maar achter zo’n snel bezworen crisis gaat een trend schuil die een structureel antwoord vergt.



Daarnaast worden we als Europa steeds afhankelijker van grondstoffenleveranciers die we niet zo erg vertrouwen, en die ons kwetsbaar maken voor militaire conflicten en terrorisme. Daarom is het grootschalig importeren van zonne-energie uit Noord Afrika toch niet meer zo’n erg populair idee om ons van energie te voorzien. Kortom, we zullen echt **hier** iets moeten doen om op lange termijn voldoende energie en grondstoffen te hebben.

Anderzijds lozen we nog steeds allerlei stoffen, en ook warmte, in het milieu, die we eigenlijk nuttig zouden kunnen gebruiken. Een enorme hoeveelheid bruikbare warmte verlaat via de Nieuwe Waterweg ons land^[4]. Maar ook verdwijnen veel nuttige grondstoffen in de afvalverbrander.

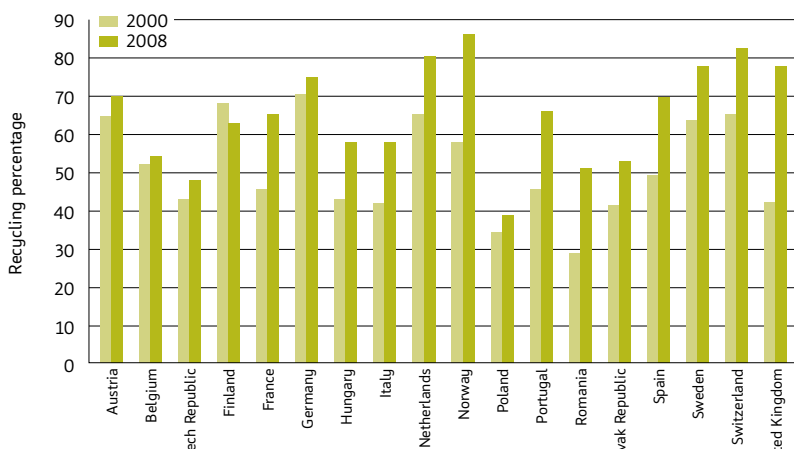
En als het weer eens stevig regent, en meteorologen zeggen dat, dat door klimaatverandering vaker zal gebeuren, leidt dat tot flink wat ongezuiverde afvalwater lozingen via de riool-overstorten. In juni konden we dat in deze stad ervaren. Dat leidt tot een gezondheidsrisico. Maar in feite leidden die ongecontroleerde lozingen van riolen op het oppervlaktewater ook tot een verlies aan grondstoffen doordat bijvoorbeeld fosfaten niet worden teruggewonnen, organische materiaal niet bijdraagt aan biogasproductie en de warmte van het rioolwater niet meer nuttig wordt gebruikt.



Er is voor de toekomst maar een conclusie mogelijk: we zullen ons stedelijk metabolisme veel meer circulair moeten gaan organiseren, zodat we veel minder externe grondstoffen nodig zullen hebben, en ook veel minder afval zullen produceren.

Het belang van infrastructuur

Bij het ontwikkelen van maatregelen om een circulair stedelijk metabolisme tot stand te brengen wordt vaak geredeneerd vanuit energie- en grondstofbronnen, zoals windturbines of afvalbergen, die dus meer moeten worden gebruikt, of vanuit consumenten, die hun gedrag moeten veranderen om minder te consumeren. Beide soorten redeneringen leiden vaak tot knelpunten. Bij het beschouwen van alternatieve bronnen van energie en grondstoffen blijkt vaak dat die moeilijk aan bod kunnen komen binnen de bestaande infrastructuur. Deze nieuwe bronnen voldoen niet aan de standaardeisen van de infrastructuur, of nieuwe bronnen staan gewoon achteraan in de rij. De capaciteit van de infrastructuur is al vergeven aan de gevestigde, niet zo duurzame bronnen. Kennelijk moet de overheid maar ingrijpen als die de lange termijn energie- en grondstofvoorziening wil waarborgen: de infrastructuurbeheerders doen niet veel op eigen initiatief. Dat zagen we bijvoorbeeld bij de statiegeldproblematiek: het grootwinkelbedrijf wil af van de hele infrastructuur om flessen in te zamelen, en maakt daarmee haar eigen lange termijn grondstoffenzekerheid een overheidsverantwoordelijkheid. Kennelijk neemt de markt niet zomaar haar verantwoordelijkheid.



Figuur 7 Papierrecycling in Europa (2008) Nederland is derde in Europa (bron: CEPI)

Vaak moeten wettelijke kaders worden gesteld, zoals terugleververgoedingen voor stroom en verplicht statiegeld op verpakkingen om dit soort private infrastructuur te dwingen hun circulaire verantwoordelijkheid te nemen.

Anderzijds wordt ook vaak gedacht dat als de burger maar goed wordt voorgelicht, zijn of haar consumptie van energie en grondstoffen vanzelf wel zal teruglopen. Burgers willen best iets doen, (kijk bijvoorbeeld maar eens naar de traditioneel hele hoge inzamelingspercentages van glas en papier in Nederland^[5]), maar de afwezigheid van een passende en betrouwbare infrastructuur, die beter gedrag van burgers faciliteert is vaak een bottleneck. Er is zelfs een diep wantrouwen bij burgers, dat als die infrastructuur voor recycling bestaat, zoals bij Groente-, Fruit- en Tuinafval, GFT, dat die dan achter de schermen toch niet wordt gebruikt, en al het afval gewoon weer samen wordt verbrand.

De burger moet dus van de overheid actief meedoen. Maar de speelruimte van de burger is wel heel klein: groene stroom en groen gas inkopen, ja dat kan, maar of alleen dat groencertificaat bij de stroom werkelijk iets verandert valt nog maar te bezien^[6]. Vaak moet de burger maar vertrouwen op 'groene claims' van overheden en bedrijven, maar die claims zijn niet altijd betrouwbaar. Verhalen over onbetrouwbaar milieugedrag hebben een lang leven, en voeden de scepsis^[7]. Burgers willen dus wel, maar kunnen vaak weinig en het wantrouwen is soms gerechtvaardigd.

Infrastructuren zijn van groot belang maar zullen dus stevig geïnnoveerd moeten worden; maar zonder transparantie en burgerparticipatie zullen deze pogingen uiteindelijk mislukken. Technocratische besluitvorming, zogenaamd 'krachtig bestuur', en participatie die niet verder reikt dan de 'usual suspects' zal blijken uiteindelijk zeer schadelijk te zijn voor het tot stand brengen van een circulaire economie, omdat die de inmiddels beruchte kloof tussen overheid en burger alleen maar groter maakt.

Steden zijn veel diverser qua bevolkingssamenstelling en trekken relatief meer hoger opgeleiden. Een hoogopgeleide en cultureel diverse stad is in de eerste plaats een kans, een kans om van elkaar te leren, een kans voor innovatie. Kennis, onderzoek, bereidheid te leren van anderen, openheid voor oplossingen ‘buiten de gebaande paden’, en een actieve, maar vooral faciliterende overheid zijn belangrijke voorwaarden voor innovatie zo blijkt uit onderzoek (Van De Poel 2000; Hekkert et al. 2011).

Maar, innovaties in grote technische systemen komen niet zomaar tot stand. Eén op één vervanging van een systeemelement door een nieuw systeemelement, dat gaat nog eenvoudig, maar de structuur van het systeem zelf veranderen is buitengewoon lastig en vindt daarom zelden plaats.

- Er zijn enorme bedragen geïnvesteerd in bestaande systemen, dus dank je die systemen niet zomaar af. Maar het is niet alleen een kwestie van geld.
- Er zijn ook hele organisaties omheen gebouwd, met hun eigen cultuur, hun eigen opleidingen, certificering en hun eigen politieke invloed.
- Het is ook een kwestie van kennis. De stedelijke systemen zijn zo complex, dat vrijwel niemand nog een accuraat overzicht heeft. Beheerders weten hoe een bestaand systeem te laten draaien, maar ja, iedere verandering is riskant, want werkt het dan nog?
- Innovaties zijn ‘onbekend’ of ‘niet bewezen’ en daardoor vaak niet erg gewenst. Maar ja, welke stad is bereid het risico te nemen en te investeren in een nog niet volledig bewezen nieuwe infrastructuur? In een tijd waarin een mislukt experiment een doodzonde is, staan ze niet in de rij, vrees ik.

De onmogelijkheid om tot innovatie te komen, ook al weet men dat er een beter alternatief bestaat, noemen we ‘lock in’^[8, 9]. Alvorens in te gaan op de mogelijkheid om ‘lock in’ te doorbreken, dat wil zeggen toch tot innovatie te komen, wil ik u door een stuk ‘vieze’ geschiedenis te schetsen, laten zien hoe ‘lock in’ is ontstaan rondom het afvalwatersysteem van Den Haag, in vergelijking met het afvalwatersysteem van Amsterdam.

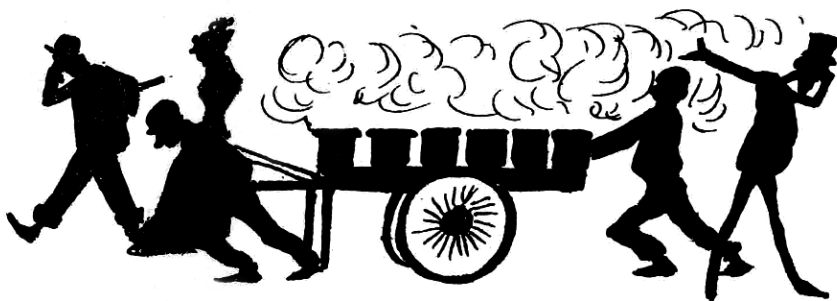
***Lock in* in afvalwater:**

Hoe Amsterdam en
Den Haag in de 19^e en
20^e eeuw verschillende
keuzes maakten, en hoe
dat nu nog doorwerkt

De aanleiding

De aanleg van rioolstelsel werd in de 19^e eeuw vooral geïnitieerd door een ziekte die vanaf 1832 in Europa huishield: cholera. Na een verbeterd wetenschappelijke strijd werd vastgesteld dat cholera werd veroorzaakt door besmetting van drinkwater met fecaliën, en niet, zoals menig medicus in eerste instantie dacht, door inademen van smerige dampen. Die smerige dampen waren er overigens te over in de 19^e eeuwse stad. Naar onze maatstaven was het zowel met de lucht als met het oppervlaktewater en het grondwater allerberoerdst gesteld. Steden in ons lage Nederland hadden een fors probleem, want vooral in droge zomers was er geen doorstroming in de stadsgrachten waardoor het afvalwater ervoor zorgde dat er geen drinkwater uit de gracht kon worden gehaald. Delft had voor die omstandigheden in de 16^e eeuw al een windmolen geïnstalleerd, die vers water de stad in pompte^[10]. Amsterdam liet vanaf de 17^e eeuw 's zomers drinkwater per schuit aanvoeren.

HET TONNENSTELSEL.



BRAM: „Wat, nog niet verboden?“

De 19^e-eeuwse industrialisatiegolf zorgde voor een sterke stedelijke groei. De bestaande voorzieningen, die in onze ogen toch al niet bepaald hygiënisch waren, kwamen door die groei onder druk te staan. Beerputten, waarin al eeuwen afval en uitwerpselen belandden, werden veelal afgeschaft. In plaats daarvan werd vaak een tonnensysteem



FATHER THAMES INTRODUCING HIS OFFSPRING TO THE FAIR CITY OF LONDON.

(A Design for a Fresco in the New Houses of Parliament.)

ingevoerd. De tonnen werden gehaald door de zogenaamde 'Boldootkar', uw begrijpt wel waarom die zo heette.

Internationaal liep London voorop bij het nemen van maatregelen. Niet alleen de cholera was het probleem. Ook de zogenaamde London 'Great Stink' van 1858, een droge hete periode waarin de Thames zo stonk, dat het leven langs de rivier tot stilstand kwam. Dit zorgde ervoor dat er voldoende politieke steun ontstond voor drastische vernieuwing^[11].

Joseph Bazalgette ontwierp een plan voor een rioolstelsel. In bijna 20 jaar werden de Londonse beken middels bakstenen riolen gekanaliseerd, en werd de inhoud via grote pompstations de monding van de Thames ingepompt. Het was dus een gemengd regen- en afvalwatersysteem. Overigens was dit van enorme maatschappelijke betekenis: de gemiddelde levensverwachting van de inwoners steeg tussen 1860 en 1880 met maar liefst 20 jaar: van 40 naar 60 jaar.

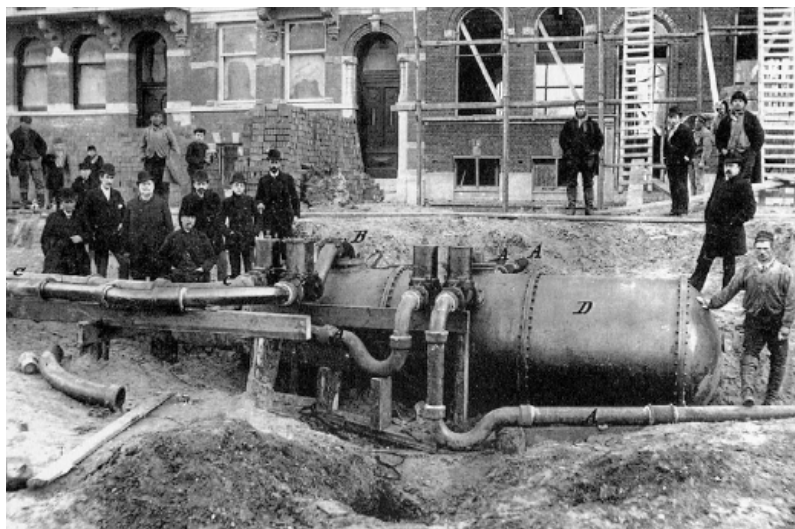


Een andere maatregel om iets aan de stedelijke gezondheid te doen was de introductie van gezuiverd drinkwater. Aanvankelijk werd dit vaak aangevoerd en per emmer verkocht, maar later werden meer en meer huishoudens op een waterleidingnet aangesloten.

Amsterdam kiest Liernur stelsel

Amsterdam, als grootste stad van ons land, liep voorop in de ontwikkeling van een afvalwatersysteem. Vanaf 1870 legde Amsterdam een zogenaamd Liernur stelsel aan: hiermee werden uitwerpselen via ijzeren buizen en een met stoom aangedreven pomp opgezogen vanuit de huishoudens, en, soms na droging, verkocht aan de landbouw. De uitwerpselen moesten echter wel droog worden opgezogen anders kon men deze niet verwerken. Het grote voordeel van dit stelsel was dat de menselijke mest geld opbracht. Gebruik in de landbouw sloot uiteraard aan op de bestaande praktijken van de boldootkar. In verschillende andere steden, ook in het buitenland, volgde men het voorbeeld van Amsterdam^[11].

Het Liernur stelsel betekende dat Amsterdamse gebruikers geen waterclosetten konden gebruiken (ook vroeger al beperkten infrastructures de burger). Aanvankelijk was dat



Figuur 8 Aanleg reservoir Liernur stelsel Amsterdam (<http://www.weteringduurzaam.nu/de-geschiedenis-van-ons-gemakje/aanleg-liernurreservoir/>)

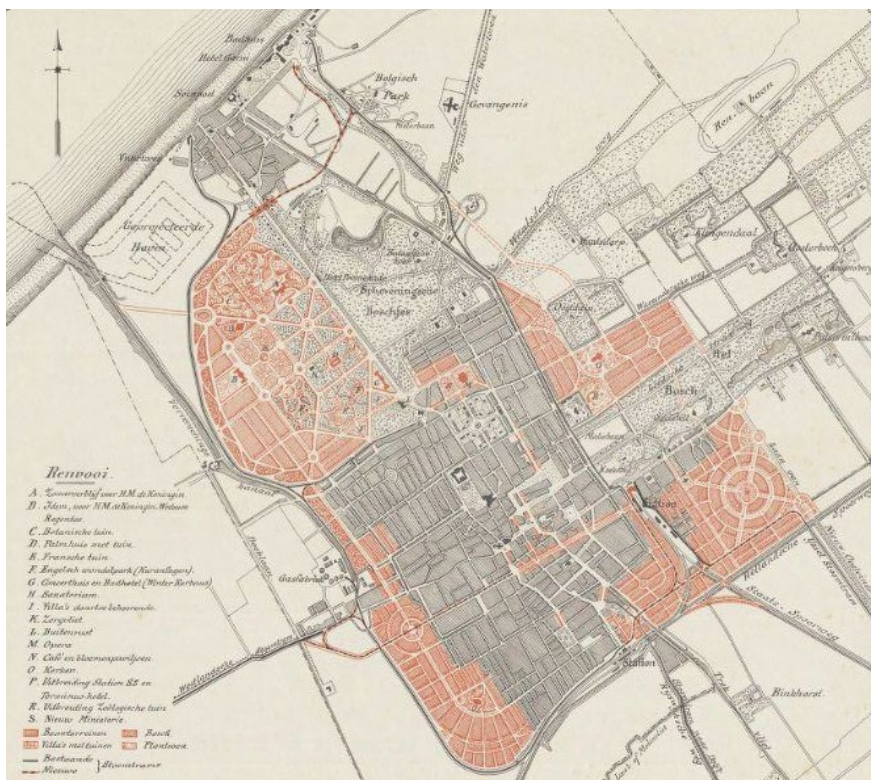
niet zo'n probleem maar naarmate er meer drinkwater aansluitingen in de huizen kwamen, en waterclosetten meer in de mode kwamen, was de wc niet meer te stoppen^[12-14]. Rond 1900 had het Amsterdamse Liernur systeem 120.000 aansluitingen. Echter de ingezamelde mest was meer en meer verdund^[15]. De prijzen voor mest namen sterk af: enerzijds door de verslechterende kwaliteit, maar ook door de groeiende import van de nieuwe meststoffen uit Zuid Amerika: guano en chilisalpeter.

Den Haag legt Ververschingskanaal aan

Het afvalwater van Den Haag verdween begin 19^e eeuw via wat beekjes en grachten, bepaald geen afdoende oplossing. Zoals in vele andere steden waren de grachten in feite een open riool. Het grote probleem was echter dat er nauwelijks doorstroming was in de grachten van Den Haag. Eind 19^e eeuw leverde dat onhoudbare toestanden op. In een droge zomer, als er ook geen wind was, was de stank in het centrum niet te harden. Een oplossingsstrategie was het dempen van grachten en vervangen door rioolbuizen^[16]. Dat was maar een halfwas oplossing: de riolen stonden in open verbinding met de niet gedempte grachten.

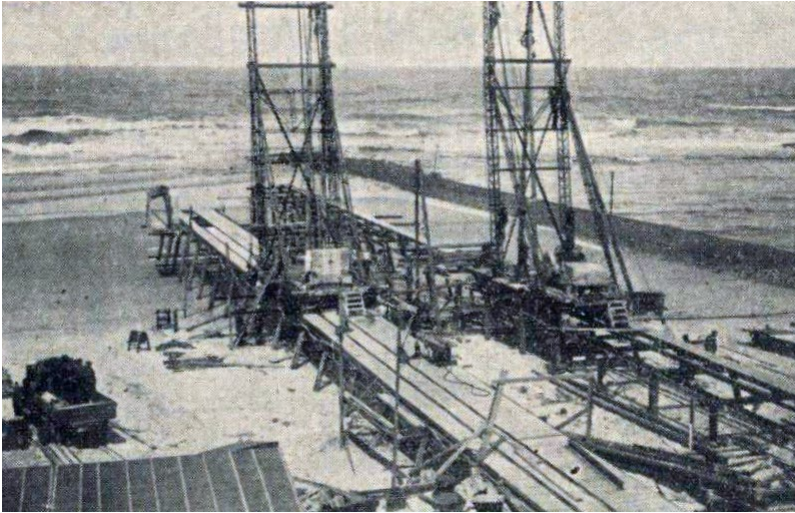
In 1888, werd voor het stankprobleem een oplossing gecreëerd: het 'Ververschingskanaal' werd voltooid. Den Haag kon daardoor Maaswater via de Schie en de Trekvlief inlaten en via het Ververschingskanaal weer lozen bij Scheveningen. Daardoor werden de binnenstadsgrachten doorgespoeld. Echter, vrijwel gelijktijdig werd het Kurhaus gebouwd en ontstond er een levendige 'badcultuur' bij Scheveningen. Dat leidde al snel tot een stevig probleem: het Ververschingskanaal dumpte in feite de Haagse drek op het strand voor het Kurhaus. Dat kon natuurlijk niet dus bleven de sluizen 's zomers vaak gesloten om de badgasten te gerieven, en zat het centrum van Den Haag dus nog steeds in de stank.

Het Hoogheemraadschap, dat uiteraard verantwoordelijk was voor het peilbeheer van het Ververschingskanaal, bedankte voor de eer om te moeten kiezen tussen Scylla en Charibdis: Den Haag moest zelf maar bepalen of ze stank in de binnenstad wilde, of smerige stranden op Scheveningen. Den Haag had dus voor een goedkope oplossing gekozen, maar door de parallele ontwikkeling van de Scheveningse badcultuur bleek die oplossing erg problematisch.



Figuur 9 Het Ververschingskanaal (linksboven) en de trekvliet (rechtsonder) waarlangs Maaswater binnenkwam (De ingenieur, vol 6, no 24, 13-06-1891)



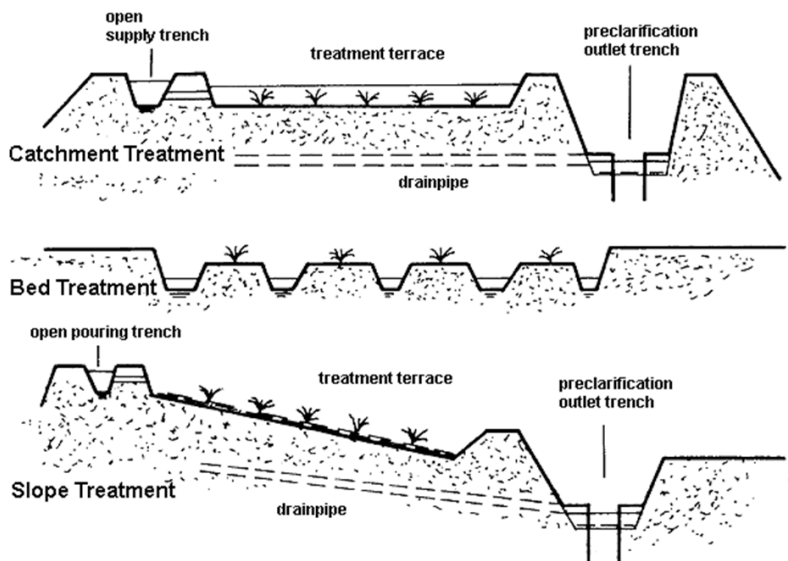


Figuur 10 Rioolmond verlenging, Noord Brabantsche Courant 5 mei 1934

De situatie werd geleidelijk aan beter door de riolen te scheiden van de grachten in de binnenstad, een operatie die in 1917 werd voltooid. In 1934 werd de hygiëne op het strand van Scheveningen verder verbeterd doordat het rioolwater niet meer via het Ververschingskanaal werd geloosd maar via een pijp die 475 meter in zee uitkwam ^[16]. Die verbeteringen waren echt nodig door de bevolkingsgroei van Den Haag en de aansluiting van omliggende gemeenten (o.a. Delft, Rijswijk, Voorburg) op het Haagse riool. Den Haag weigerde uit kostenoverwegingen echter om verdere maatregelen te nemen. De kwaliteit van het zwemwater bij Scheveningen was zoals Amerikanen dat zo mooi noemen 'less than perfect...'.

Amsterdam, de eerste waterzuivering

Tegen het einde van de 19^e eeuw waren afvalwatersystemen zeer succesvol: cholera werd een zeldzame ziekte en de overlast van smerige en stinkende grachten, kanalen en rivieren was vrijwel overal aanmerkelijk teruggedrongen. Maar de groei van riool-systemen creëerde nieuwe problemen daar waar de riolen loosden op open water: dat open water werd zwaar belast, en in de delen van Nederland zonder open water, zoals bijv. Twente en delen van Brabant, waren de beekjes bij de steden volkomen dood.



Er moest iets gebeuren aan zuivering maar er was slechts één techniek bekend, namelijk vloeivelden. Bij vloeivelden laat men afvalwater over akkers lopen, waardoor het organisch materiaal langzaam afbreekt en mineralen in de grond worden opgenomen.



Figuur 11 Vloeiervelden van Berlijn (Von Alexrk2 - own work, using Openstreetmap data <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i110.htm> Brockhaus 14. Auflage von 1894, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10050032>)

Vloeiervelden vergden echter heel veel ruimte: de stad Berlijn onderhield begin 20^e eeuw maar liefst 10.000 hectare, 100 vierkante kilometer, aan vloeiervelden voor afvalwater-behandeling (Berlin Senate Department for Urban Development and the Environment 2016). Vloeiervelden stonken, waren kostbaar, leidden al snel tot (te) hoge concentraties mineralen in de bodem en, voor bestuurders het meest relevant, ze leidden tot veel protest^[17].

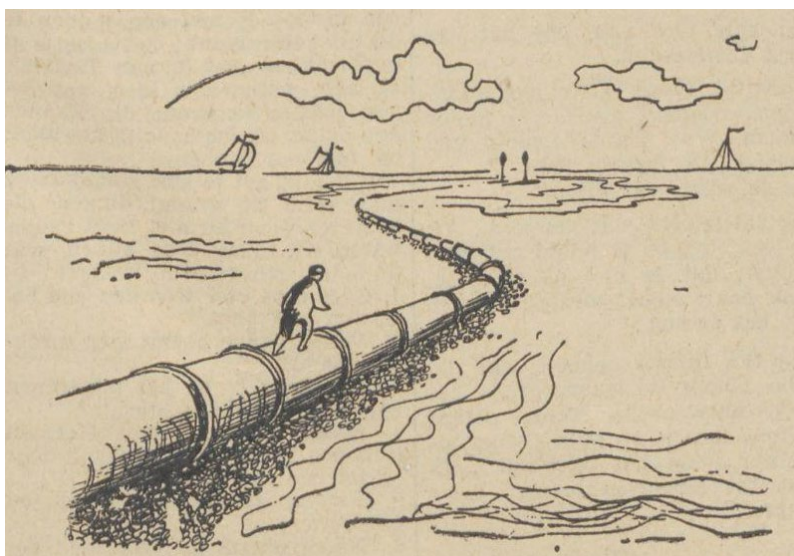
De beroepsgroep van de afvalwater ingenieurs was sterk verdeeld over de vraag welk afvalwatersysteem de voorkeur had: afvoer naar vloeiervelden (Berlijn) of via een Liernur systeem verwerking tot droge mest (Amsterdam), of een gecombineerde regen- en afvalwaterafvoer, het spoelsysteem (London, Den Haag). Uiteindelijk werd op de International Sanitation Conference in Parijs, 1900 besloten dat een gecombineerd

regen- en afvalwaterafvoersysteem zoals dat bestond in London de voorkeur had. Vanaf 1900 werd de constructie van afvalwatersystemen bepaald door één paradigma, of zo men wil denkkader:

*Riolsystemen voeren het afvalwater en het regenwater
tesamen uit de stad af*

In 1912 besloot Amsterdam zijn Liernur systeem te vervangen door gemengde regen- en afvalwaterafvoersystemen op wijksschaal volgens het voorbeeld van London^[14, 18, 19].

In 1907, had Amsterdam al besloten om een gemengd regen- en afvalwaterriool aan te leggen voor de 'Jordaan'. Dit gemengde regen- en afvalwatersysteem loosde op de Zuiderzee, op een plek even buiten het huidige IJburg, die bekend stond als 'De vetvlek'. U kunt zich voorstellen dat die vetvlek nogal een rol speelde in de Amsterdamse humor van die tijd. Den Haag had in feite al zo'n systeem maar kampte vooral met de nadelen van haar vetvlek voor Scheveningen.



Figuur 12 *De Vetvlek* (De Waarheid, 3-1-1948)

Den Haag en Amsterdam hadden geen behoefte aan waterzuivering. Plaatsen die echter niet aan zee lagen hadden veel grotere problemen om van hun drek af te komen. Daarom zocht men naar methoden voor zuivering van afvalwater. Onderzoek in Engeland leidde tot inzicht in het verschijnsel 'actief slib'; micro-organismen die organische vervuiling afbraken^[20], en daarmee ontstonden de eerste waterzuiveringen.

Toen er rond 1920 een volgende stadsuitbreiding van Amsterdam, de Watergraafsmeer, werd gepland lag de zaak wat anders dan in de periode daarvoor:

- In 1918 had Lely de Zuiderzeewet door het parlement gelooft. Voor velen was het maar de vraag of de lozingen vanuit Amsterdam door konden gaan als er geen eb en vloed beweging meer was^[21].
- Zuiveringsinstallaties waren al succesvol in bedrijf in de VS en het VK.
- Het riool van de Watergraafsmeer kon niet zomaar worden aangesloten op de bestaande pijp naar 'De vetvlek'. Het polderbestuur had bedongen dat lokale lozing van afvalwater strikt was verboden^[22].
- Een nieuwe wijk bood nieuwe kansen.....

Dus er verscheen een rioolwaterzuivering in de Watergraafsmeer, de eerste in Nederland die actief slib toepaste^[23]. Uiteraard werd in zo'n nieuwe wijk een gescheiden systeem voor regen- en afvalwater aangelegd, zodat regenwater de zuivering niet belastte. Daardoor hoefde immers veel minder water te worden gezuiverd.

Na de Watergraafsmeer werden in Amsterdam nieuwe wijken met een gescheiden riool en een rioolwaterzuivering uitgerust. Maar de vetvlek bleef. Maar liefst tot 1982 werd het afvalwater uit de Jordaan op het IJsselmeer geloosd^[24].

Het geleidelijk vervangen van bestaande riolen door gescheiden regen- en afvalwater-systemen en het aanleggen van waterzuiveringsinstallaties leidde ertoe dat Amsterdam 90 jaar na de bouw van de Watergraafsmeer voor 70-75% gescheiden riolen heeft, ergo de verandering is na 90 jaar nog lang niet voltooid.

De strijd om waterzuivering in Den Haag

In 1957 besloot de Haagse raad om een grootschalige zuiveringsinstallatie, de Houtrust, te bouwen^[25]. Echter, in 1963 werd deze beslissing weer teruggedraaid, door een vrij spectaculaire standpuntsherziening van de Protestants Christelijke fractie in de raad. De Houtrust zou slechts op mechanische wijze een verdikte fractie van het overige rioolwater scheiden. Men achtte het goedkoper om deze fracties ongezuiverd via een persleiding in zee te lozen^[26]. Vanaf 1967 werden vanaf de Houtrust op 2 kilometer uit de kust de vloeistoffen geloosd en op 10 kilometer uit de kust de vastere bestanddelen. De waterkwaliteit van het badwater voor Scheveningen werd niet systematisch gemeten, maar er waren aanwijzingen dat die niet optimaal was^[27], deels ook vanwege een sterk toegenomen vervuiling vanaf de Nieuwe Waterweg. Door de ongezuiverde lozing van afvalwater was het scheiden van regenwater en afvalwater niet nodig in Den Haag; het verdween toch allemaal ongezuiverd de Noordzee in.

In 1970, werd de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater ingevoerd. Het Rijk legde heffingen op voor het ongezuiverd lozen op 'nationale wateren'. Daardoor werd het voor Den Haag lonend om een actief slib zuiveringssysteem aan de Houtrust toe te voegen. Het duurde echter tot 1994 voor het Haagse afvalwater werd gezuiverd bij de Houtrust.



Figuur 13 De Tijd/De Maasbode, 22 juni 1963

De Houtrust installaties waren in feite niet voldoende gedimensioneerd voor die taak waardoor de in 2006 voltooide Harnaschpolder afvalwaterzuivering noodzakelijk werd^[28].

De ‘voordelige’ manier om zich van afvalwater te ontdoen, gewoon op zee lozen, verviel uiteindelijk voor Den Haag in 1990, waar die voor Amsterdam (voor nieuwe wijken) al in de jaren ’20 was verlaten. Den Haag ging dus pas veel later over op het aanleggen van gescheiden (regen- en afvalwater) rioolsystemen. Daardoor is anno 2016 maar ongeveer 30-35% van het rioolsysteem van Den Haag gescheiden.

In feite zagen we in de 20^e eeuw een tweede paradigmaverandering zich voltrekken:

van verwijdering van afvalwater en regenwater uit de gebouwde omgeving

in de 19^e eeuw, naar

het op efficiënte wijze onschadelijk maken van afvalwater.

Veranderingsprocessen in stedelijke infrasytemen

Veranderingen in stedelijke systemen gaan tergend langzaam. Amsterdam heeft in bijna een eeuw tijd 70-75% van zijn riolen weten te scheiden, Den Haag in minder dan de helft van die periode zo'n 30-35%. Die extreem trage verandering is kenmerkend voor het verschijnsel 'lock in'.

Mijn boodschap is niet een lesje geschiedenis. Wat keer op keer blijkt is dat onze innovatie-speelruimte nu wordt bepaald door beslissingen uit het verleden. Dat is belangrijk om te onderkennen. Als je grote stedelijke systemen structureel wilt veranderen, zoals in het geval van de invoering van een gescheiden rioolsysteem met zuivering, dan kost dat dus ongeveer een eeuw.

Het valt bepaald niet te verwachten dat systeemveranderingen in de toekomst spontaan sneller zullen gaan want de 'lock in' van infrastructuur groeit alleen maar, en de complexiteit van de systemen wordt groter. Maar gezien de eerder geschetste uitdagingen, klimaatverandering, uitputting van grondstoffen, en vervuiling, is snelle aanpassing noodzakelijk om te komen tot terugwinning van energie en grondstoffen, en vermindering van emissies. We hebben geen eeuw meer om de huidige systemen energie- en grondstof efficiënt te maken, dat zal echt sneller moeten.

Voor de toekomst hebben we een derde paradigmaverandering nodig:

Van 'verwijdering van afval- en regenwater'

in de 19^e eeuw, naar

het op efficiënte wijze onschadelijk maken van afvalwater

nu, naar

*'optimaal hergebruik van de grondstoffen uit afvalwater
(door winning van energie, mineralen en hergebruik effluent).'*



De waterschappen kondigen dat alvast aan: de waterzuivering als energie- en grondstoffenfabriek¹. Zover is het helaas nog niet, en die filosofie is nog lang geen gemeengoed.... Een paradigmaverandering is ook geen kwestie van een bestuursmaatregel, het is een cultuurverandering in een professionele gemeenschap.

Wat we uit de geschiedenis kunnen leren, is dat het goed is om vooruit te kijken en ons breed te oriënteren. Het is wel gemakkelijk maar niet erg handig dat in 1888 het Ververschingskanaal en het Kurhaus tegelijkertijd werden voltooid. Had nou niemand nagedacht over de vraag waar die fecaliën zouden aanspoelen? En ook hoe de Liernur fecaliën inzameling om de cholera te bestrijden, werd dwarsgezet door de verbeterde drinkwatervoorziening in Amsterdam, ook opgezet om cholera te bestrijden....

Ook tegenwoordig zie je dat soort dilemma's: een stadsverwarmingssysteem is bijvoorbeeld wel beter dan individuele gasketels. Maar wat als zo'n stadsverwarmingssysteem er eenmaal is? Dan is er bij de eigenaar een financiële prikkel om meer warmte te willen afzetten: een perverse prikkel. Kunnen we zo'n systeem niet beter achterwege laten en veel meer investeren in isolatie en warmtepompen?

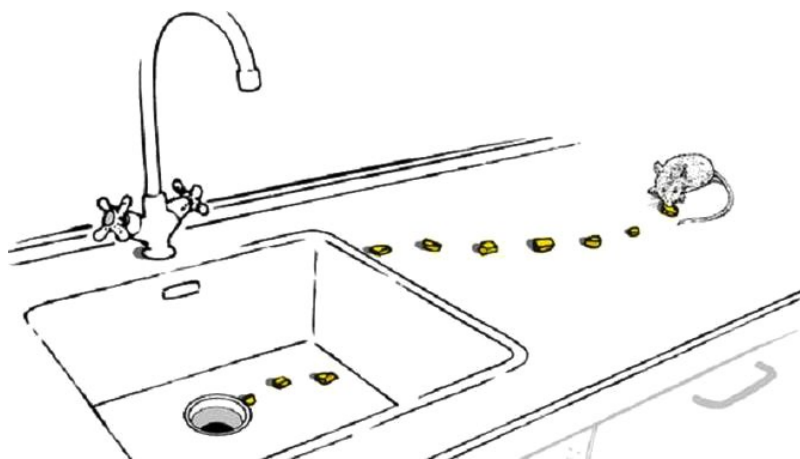
Besluitvormers moeten zich breed op de toekomst oriënteren, en in een democratische samenleving betekent dat, dat ook het publiek voldoende moet worden ondersteund met toekomstanalyses om een gedegen afweging te maken.

1 <http://www.efgf.nl/>

De huidige uitdaging: de circulaire economie

De ‘Grand challenges’, waar ik al eerder over sprak, maken het noodzakelijk dat we afval gaan behandelen als grondstof, dat we emissies voorkomen, en energie terugwinnen uit onze stedelijke systemen. Dat leidt tot allerlei complexe vragen: zoals bijvoorbeeld in welke richting we moeten veranderen om tot een circulaire economie te komen. Ik heb u zonet meegenomen in de wereld van het afvalwater. Een van de problemen die daar spelen is dat het slib van de zuiveringsinstallaties te veel zink en koper bevat om als bemesting in de landbouw te worden toegepast. In een circulaire economie hoort dat natuurlijk wel: zo bereiken we een duurzaam evenwicht van mineralen.

Het teveel aan mineralen in slib is grotendeels afkomstig uit de intensieve veehouderij. Er wordt veevoer toegepast dat meer koper en zink bevat dan in mest is toegestaan! Dus om tot een circulaire economie te komen zouden we in de landbouw moeten starten met verbetering... Maar ja, u begrijpt het al: in die sector bestaat daar weinig enthousiasme voor... Koper terugwinnen uit afvalwater? Duur...



Figuur 11 *De Volkskrant*, 12 september 2014

Biogas uit GFT kan wellicht efficiënter worden geproduceerd door GFT niet apart in te zamelen maar via het gescheiden riool af te voeren. Dan heb je geen groene bak maar een voedselresten vermaler in het aanrecht. Maar ja, dan hevel je een taak over van afvalverwerker naar het waterschap, met een risico van conflict, moet je de wet nog aanpassen, en moet je zorgen dat huishoudens worden aangepast: geen sinecure...

De huidige systemen zijn ingelocked, de complexiteit van verandering is vaak groot, en de betrokkenen zien vaak geen voordeel in innovatie, er wordt niet vaak over de grenzen van de organisatie heen gekeken, en er kunnen zogenaamde 'waiting games' optreden, waar partijen op elkaar gaan zitten wachten om te bewijzen dat een technologie werkt. Maar ja, als niemand een experiment aandurft... Kortom, hoe komen we tot innovatie in stedelijke infrasystemen?

Een veranderingsstrategie

De afgelopen 30 jaar is er veel onderzoek gedaan naar wat nu eigenlijk technologische innovatie voortdrijft. Concepten als zou technologische innovatie een vastliggend pad zijn waarlangs 'de vooruitgang' verloopt, waren zo'n 50 jaar geleden populair.

Ze zijn echter door vele innovatiestudies weerlegd. 'We hebben ons technologische lot ook in eigen handen, ook al zijn we daarbij wel afhankelijk van de geschiedenis, van betrouwbare kennis, en van de natuurlijke hulpbronnen die we ter beschikking hebben.

Maar hoe versnellen we verandering naar een circulair metabolisme van de stad? Daar zal ik nu kort op ingaan, en aangeven hoe ik daar middels het onderzoek van dit lectoraat aan wil bijdragen.

Ten eerste is verandering van een stedelijk infrasysteem nooit een proces dat los staat van de rest van de wereld. Uit de voorgaande geschiedenis van afvalwater in Den Haag en Amsterdam is het u natuurlijk al opgevallen hoe de afsluiting van de Zuiderzee het beslissende zetje was om Amsterdam te laten overgaan naar rioolwaterzuivering in nieuwbouwwijken. In Den Haag werd de gekozen oplossing 'Ververschingskanaal' geconfronteerd met strandtourisme als nieuw fenomeen.

1. Het is dus zaak bij een veranderingsstrategie terdege rekening te houden met 'helpende' of 'tegenwerkende' externe factoren, en acties daar op af te stemmen.

Ten tweede is het zaak om de betrokkenen te ondersteunen bij het gezamenlijk ontwikkelen van een toekomstbeeld. Ik heb hiervoor een paar maal het woord paradigma laten vallen. Veel mensen zijn als het ware in hun denken gevangen in de logica van het huidige systeem. Het mooiste voorbeeld daarvan vond ik ooit in de micro-elektronica industrie: toen Ozon-laag aantastende gassen werden verboden vroeg de micro-elektronica industrie direct om een uitzonderingspositie. Die sterk groeiende industrietak kon toch niet om zeep worden geholpen door een milieuvrdrag? Echter het probleem verdween als sneeuw voor de zon: een paar technici ontdekten dat de micro-elektronica industrie geen ozonlaag aantastende stoffen nodig had. Het vrdrag

van Montreal leidde zelfs tot een forse besparing! Kortom, ook de industrie kan zich vaak moeilijk een voorstelling maken van een andere organisatie/een ander systeem^[29].

Toekomstscenario's zijn een geweldig middel om mensen zich te laten verplaatsen in een andere wereld waar huidige paradigma's niet meer gelden. Intensief mensen over toekomstscenario's laten nadenken, drukt korte termijn eigen belang en vastzittende denkbeelden naar de achtergrond en brengt de verschillende belanghebbenden dichter bij elkaar. We hebben er per slot allemaal belang bij om onze kinderen goede omstandigheden na te laten.

2. Het is dus zaak om alternatieve toekomstbeelden en ontwikkelingsscenario's van stedelijk infrastructuur te ontwikkelen en implicaties met betrokkenen door te nemen.

Er is ruimte nodig voor experiment. Niet alleen technische experimenten, maar ook experimenten met gebruikersgedrag of juist beide: nieuwe technieken die gebruikersgedrag beïnvloeden. In de systemen waar ik het hier over gehad heb is dat buitengewoon lastig: als er in een infrasysteem iets misgaat, is Leiden in last, en er gaat natuurlijk nog wel eens iets mis met de aanleg van nieuwe systemen. Maar als er een mooie kostenbesparende of milieu verbeterende innovatie wordt ontwikkeld, valt dat de buitenwereld vaak nauwelijks op. Er moet dus meer 'sociale ruimte' komen om te innoveren.

3. Het is dus zaak om meer ruimte te gaan creëren voor praktijk experimenten, zowel technische, maatschappelijke, en de meest interessante, de combinatie van beide.

Tenslotte is er nog een ander probleem: er hebben in de loop der tijden steeds meer infrasytemen hun intrede gedaan in de stad. Ik heb al laten zien hoe moeilijk baanbrekende innovaties in die systemen tot stand komen. Echter, doordat er zoveel

verschillende systemen naast elkaar bestaan, zouden die ook voordeel van elkaar kunnen hebben: warmte opwekking middels het wegdek, zoals in de Pisuissestraat gebeurt, warmte onttrekken aan het waterleidingnet of het riool, mineralen terugwinnen uit afval en afvalwater, maar ook: gebouwen beter isoleren en tegelijk het leefklimaat verbeteren door groene daken, etc. etc. Maar daar is wel wat voor nodig. Want innoveren tussen meerdere organisaties, dat wordt door alle deelnemers als bedreiging ervaren. ‘Stel je voor dat je als organisatie niet meer de volledige zeggenschap over je eigen systeem zou hebben’. De stad heeft vele opties voor symbiose maar de meeste blijven onbenut, want ze creëren slechts risico voor de organisatie, terwijl er nauwelijks sprake is van rewards. Om dit soort innovaties tot stand te brengen moet er dus gemanaged worden. De overheid is vaak niet de geschikte partij om als makelaar te functioneren juist vanwege het feit dat ze dan naast haar makelaarstaak ook autoriteit is. Dat gaat niet samen. Het zou interessant zijn als wijkinitiatieven zich op deze taak zouden werpen en in hun wijk innovaties tussen verschillende systemen tot stand zouden kunnen brengen^[30].

En nu concreet

In de komende tijd zal vanuit mijn lectoraat onderzoek plaatsvinden gericht op het ontwikkelen van toekomstvisies en toekomstscenario's voor stedelijke infrasystemen. Vele aspecten spelen in toekomstscenario's een rol. Sommige daarvan kan een stad zelf beïnvloeden, andere zijn als extern te beschouwen. Dat onderscheid is belangrijk want het toont de betrokkenen hoe hun omgeving verandert en wat ze zelf zouden kunnen doen.

- Afvalwaterzuivering en biogaswinning. Hoe zouden we meer biogas uit ons afvalwater kunnen halen? Is het goed om GFT afval door het riool af te voeren?
Johan Krop
- Terugwinning van mineralen uit afvalwater. Maikel Maloncy
- Warmte onttrekking aan het riool: wat zijn de mogelijkheden van riothermie (Warmte uit riool)? Door ons vele douchen, en door de goed geïsoleerde woningen is ons rioolwater steeds warmer geworden. Hoe kan die warmte het beste worden gebruikt? Fred Zoller
- De voedselketen. Zou het in de toekomst mogelijk zijn het slib van de zuivering weer als mest in de landbouw te gebruiken? Wat moet daarvoor veranderen in de hele voedselketen en in de waterketen? Ben Bonekamp
- Het rioolsysteem. Hoe minder overstort, en meer bescherming bij zware buien?
Rob Weersink
- Hoe afvalwatersystemen in nieuwe gebieden tot stand komen. Waarom worden nog zo weinig innovatieve systemen toegepast bij de aanleg van nieuwe wijken? Hoe kunnen we bevorderen dat nieuwe technologieën bij gebiedsontwikkeling meer kansen krijgen? Cees Verweij
- Hoe maken we herkenbare toekomstscenario's, die recht doen aan inhoud maar ook goed te communiceren zijn? Sabine Eijlander

Daarnaast kijken we op bescheiden schaal naar andere onderwerpen: Pv versus Groene daken, wat heeft de voorkeur? (Sita van der Meulen), drinkwaterzuivering in een ontwikkelingscontext (Damon Golriz) en analyse van innovatie in toeleverketens (Walter van den Es).

Ten slotte

Ik ben een optimist, dat wil zeggen, ik denk dat mensen bereid zijn bij te dragen aan de oplossing van de grand challenges. Maar ze moeten daartoe in staat worden gesteld, en toe worden uitgedaagd. Dat in staat stellen vergt leervermogen, kennis, verbeelding, relativiseringsvermogen. Scenario workshops dragen daar erg aan bij. Uitdagen betekent ook dat we burgers soms zaken zelf laten regelen, daar waar dat kan.

Dat vergt ook onderzoek op een hoger abstractieniveau, en ik verheug me erop op dit punt met collega lectoren binnen deze instelling te kunnen samenwerken: hoe kunnen we de kwaliteit van maatschappelijk besluitvormingsprocessen over nieuwe technologieën bevorderen?^[31] Hoe kunnen we barrières tegen systeemoverschrijdende innovaties opruimen?^[32] Hoe kunnen we organisaties helpen hun innovatiepotentieel te vergroten?^[33] En hoe kunnen we zo tijdig mogelijk ongewenst effecten van mooie duurzame innovaties herkennen?^[34]

Ik heb gezegd.

Referenties

1. UN Department of Economic and Social Affairs, P.D., *World urbanization prospects, the 2014 revision. Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*. United Nations, 2014.
2. Muhammad, S., H.F. Ottens, and T. De Jong, *Modelling the impact of telecommuting on future urbanisation in the Netherlands*. Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 2008. **99**(2): p. 160-177.
3. Majcher, K., *What happened to the Rare Earths crisis?*, in *MIT Technology Review*. 2015.
4. CE, t.E.M., *Energiek in Rijnmond, Energie: gebruikscijfers, beleidsdoelen, kansen in Rijnmond* 2007.
5. De Jong, F. and K. Mulder, *Citizen-Driven Collection of Waste Paper (1945-2010): A Government-Sustained Inverse Infrastructure*, in *Inverse Infrastructures*, T. Egyedi, Mehos, DC (eds., 2012), Editor. 2012. p. 83-102.
6. WISE. *Zo werkt de handel in groene stroom*. 2016; Available from: wisenederland.nl/groene-stroom/zo-werkt-de-handel-groene-stroom.
7. Milieucentraal, *Fabels over afvalscheiding*. 2016.
8. Arthur, W.B., *Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events*. The economic journal, 1989: p. 116-131.
9. Arthur, W.B., *Increasing returns and path dependence in the economy*. 1994: University of Michigan Press.
10. Mulder, K.F., *De Hollandse molen, monument of werktuig?: een onderzoek naar de controverse over het voortbestaan van de Hollandse windmolen*. 1987: Universiteit Twente, Faculteit der Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen, Centrum voor Vraagstukken van Wetenschap en Samenleving "De Boerderij".
11. Halliday, S., *The great stink of London: Sir Joseph Bazalgette and the cleansing of the Victorian metropolis*. 2013: The History Press.
12. Fuhrman, R.E., *History of Water Pollution Control*. Journal Water Pollution Control Federation, 1984. **56**(4): p. 306-313.
13. Lintsen, H., M. Bakker, and E. Homburg, *Geschiedenis van de techniek in Nederland: de wording van een moderne samenleving, 1800-1890. Deel II*. Vol. II. 1995: Walburg Pers.
14. Buiter, H., *Riool, rails en asfalt: 80 jaar straatruimte in vier Nederlandse steden*. 2005: Walburg Pers Zutphen, The Netherlands.

15. Benidickson, J., *The culture of flushing: A social and legal history of sewage*. 2011: UBC Press.
16. van Zon, H., *Een zeer onfrisse geschiedenis. Studies over niet-industriële vervuiling in Nederland, 1850-1920*. 1986, University of Groningen.
17. Beder, S., *From sewage farms to septic tanks: trials and tribulations in Sydney*. Journal of the Royal Australian Historical Society, 1993. **79**(1): p. 72-95.
18. Hård, M. and T.J. Misa, *Urban machinery: inside modern European cities*. 2008: MIT Press.
19. Van der Woud, A., *Koninkrijk vol sloppen: achterbuurten en vuil in de negentiende eeuw*. 2011: Prometheus.
20. Ardern, E. and W.T. Lockett, *Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters*. Journal of the society of chemical industry, 1914. **33**(10): p. 523-539.
21. Anonymous, *De Amsterdamsche Rioleering en de Zuiderzee*, in *De Tijd*. 1929.
22. van Lohuizen, K., *Afvalwaterzuivering in Nederland, van beerput tot oxidatiesloot*. 2006, RWS RIZA Lelystad.
23. Jenkins, D. and J. Wanner, *Activated Sludge-100 Years and Counting*. Water Intelligence Online, 2014. **13**: p. 9781780404943.
24. Birke, M. and U. Rauch, *Urban geochemistry: investigations in the Berlin metropolitan area*. Environmental Geochemistry and Health, 2000. **22**(3): p. 233-248.
25. Anonymous, *Rioolwaterzuiveringsinstallatie in Den Haag f 38 miljoen*, in *Algemeen Handelsblad*. 1957.
26. Anonymous, *Geen Dure Biologische Zuivering, Den Haag gaat afvalwater door buis in zee lozen*, in *Algemeen Handelsblad*. 1963.
27. Anonymous, *Consumentenbond, geen geld voor zeewateronderzoek*. Het Vrije Volk, 1970. **25**(7517).
28. van den Noort, J., *De hand in eigen boezem: waterkwaliteit in het Hoogheemraadschap van Delfland 1888-2003*. 2003: Uitgeverij Verloren.
29. Ellis, B.N., *Review of ODS-free cleaning in the electronics industry*. 1998.
30. Vernay, A.L. and K.F. Mulder. *Organising urban symbiosis projects*. in *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*. 2015. Thomas Telford Ltd.

31. Parandian, A., *Constructive TA of newly emerging technologies. Stimulating learning by anticipation through bridging events*, in *TBM*. 2012, Technical University of Delft: Delft.
32. Vernay, A.L., *Circular Urban Systems, moving towards systems integration*. 2013, Delft University of Technology: Delft.
33. Overschie, M., et al., *Micro-training to support sustainable innovations in organizations*, in *Green ICT & Energy, from smart to wise strategies*, J.H. Appelman, A. Osseyran, and M. Warnier, Editors. 2014, CRC: Boca Raton. p. 97-105.
34. Mulder, K., *Technology Assessment*, in *Foresight in Organisations, Methods and Tools*, P.v.d. Duin, Editor. 2016, Routledge: New York. p. 109-124.

Colofon

De Haagse Hogeschool

Faculteit Technologie, Innovatie & Samenleving

Rotterdamseweg 137, 2628 AL Delft

www.dehaagsehogeschool.nl

Tekst: Karel Mulder

Eindredactie: Astrid Jansen

Vormgeving: Ton Persoon - Grafische Ondersteuning

Drukwerk: Opmeer Drukkerij bv

