

Uitwerkingsvoorstel Stadsbodemeesterschap*

Versie: 31 maart 2017



* De term 'stadsbodemeesterschap' is vervangbaar voor een andere term en kan betrekking hebben op een persoon of een team. De **rode lijn** is dat het invulling geeft aan het **inrichten en structureel beheren** van de **ondergrondse ruimte** (of landgebruik) en deze een herkenbare strategische plaats te geven in de **ruimtelijke context** van een **dynamisch gebied**, mede dankzij de **interventie** van **een persoon of een team van personen** die werken op basis van **doorleefde wijsheid en statuur**. Met invulling geven wordt hier bedoeld, dóen in de praktijk, daarvan leren en collectieve dilemma's oplossen.

Status:

Voorstel voor uitwerking om verzoek om reactie van:

- Corné Nijburg en Astrid Slegers.
- Henk van den Berg.
- Gemma van Eijdsden.
- Kernteam Bewust Bodemgebruik.

Waar in deze notitie 'gemeenten' staat, kan ook staan wijkgemeenten, waterschap of provincie. Cruciaal is dat de lokale situatie aan de orde is. Stadsbodemeesterschap gaat, net zoals de Omgevingswet, uit van een coöperatieve samenleving, waarin partijen samen werken en denken aan landgebruik, boven en onder het maaiveld.

Achtergrondinformatie

In diverse artikelen hebben we geschreven over stadsbodemeesterschap, zie de website van het Initiatief Bewust Bodemgebruik. Met steun van onder meer het UP Bodemconvenant wordt gewerkt aan het ontwikkelen van stadsbodemeesterschap, omdat het gevoel is dat het iets toevoegt wat er nu nog niet is en omdat het momentum (Omgevingswet en de implementatie daarvan) daar is. Deze notitie beoogt vragen en dilemma's te adresseren, maar eerst en vooral om te komen tot praktijkuitvoering.

Kenmerken toepasbaarheid:

- **Inrichten en structureel beheren.** De Omgevingswet biedt een voedingsbodem voor stadsbodemeesterschap: de wet gaat ervan uit dat de lokale overheden de omstandigheden beter kennen, dichterbij de samenleving functioneren en beleidsruimte hebben om afwegingen te maken. Maatwerk dus. Bij de implementatie van de Omgevingswet en het instrument Omgevingsvisie ligt er een taak voor stadsbodemeesterschap: in een coöperatieve samenleving (overheden, bedrijven, kennis- en opleidingsinstellingen, inwoners) werken aan de ruimte boven en onder het maaiveld.
- **Ondergrondse ruimte.** Van de ondiepe bodem tot de mijnbouwomgeving. In deze ruimte is sprake van horizontale en verticale afhankelijkheden van functies, verschillende tempo's en dynamieken. Bovendien is het een ecosysteem met noodzakelijke en onbekende processen en kringlopen. Een ruimte met ecosysteemdiensten en geosysteemdiensten.
- **Ruimtelijke context.** Bij stadsbodemeesterschap gaat het om ruimtelijke afwegingen in combinatie met bekendheid met het functioneren van het bodem- en watersysteem en haar zichtbare en onzichtbare diensten aan de samenleving.
- **Dynamisch gebied.** Stadsbodemeesterschap lijkt¹ vooral zinvol voor dynamische gebieden. Dat zijn gebieden die intensief wordt gebruikt, een specifieke problematiek hebben of die op korte termijn veel ontwikkelingen zullen ondergaan. Denk aan het centrum van een gemeente, een gebied nabij het centrum waar ondergrondse gebouwen gaan komen, een wijk die in renovatie of transformatie komt, een gebied waar veel bodemenergie aan de orde is, een industriegebied waar veel ondergronds gebeurt of een gebied met een complexe bodemsituatie.
- **Interventie.** De stadsbodemeester is in de keten 'ontwerp, onderzoek, realisatie, beheer' (nieuwbouw, transformatie, wijkrenovatie) vooral actief in ontwerp en onderzoek, want daar is de keuzevrijheid en strategische invloed groot en daar worden de geldstromen bepaald. Dat wil niet zeggen dat de andere fasen onbelangrijk zijn, al was het maar omdat daar de geldstromen worden uitgegeven. De stadsbodemeester verbindt opgaven aan de bodem, verbindt projecten en vergeet nooit hoe het bodem- en watersysteem functioneert.

¹ (Stads)bodemeesterschap kan ook een rol spelen in het landelijk gebied of zelfs in krimpgebieden. Neem als voorbeeld de zoektocht naar nieuwe (economische) dynamiek in de [studie van SER Noord-Nederland](#) naar het regionale bodem- en watersysteem. In deze notitie focussen we echter op het dynamische gebieden binnen de bebouwde kom.

- **Een persoon of een team van personen.** De stadsbodemmeester kan een persoon zijn of een team. Het kan een team zijn met leden uit meerdere organisaties. De meester communiceert in de eigen organisatie(s) met een achterban die vooral functioneert in de fasen realisatie en beheer. De stadsbodemmeester vertelt het waarom van zijn interventies (of het achterwege laten van een interventie), de achterban laat de praktische uitwerking zien.
- **Doorleefde wijsheid en statuur.** De stadsbodemmeester kan een hiërarchische positie hebben, maar wordt primair door collega's betrokken vanwege zijn of haar positieve en succesvolle interventies. Zinnvolle bijdragen die overlast en schade in de toekomst voorkomen of kansen van bodembenutting concretiseren. Het kan niet anders of dat is iemand die de lokale situatie goed kent, communicatief vaardig is en pro-actief functioneert.

Achtergrondinformatie

Felix Rottenberg (voorzitter bodemambassadeurs) noemde de term 'stadsbodemmeester' op een bijeenkomst op 19 november 2015, die was georganiseerd vanuit een vraag van een andere ambassadeur (dijkgraaf Tanja Klip-Martin). Bij het horen van praktijkvoorbeelden uit Utrecht² en Rotterdam³ concludeerde Felix dat een wet of een beleidsregel niet voldoet. Volgens hem is een persoon nodig om het bodem- en watersysteem een stem geven in ruimtelijke processen. Hij noemde dat de stadsbodemmeester⁴. Na de bijeenkomst is deze gedachte uitgewerkt tot wat in deze notitie staat en is erover gepubliceerd in drie artikelen:

- Een artikel over gemeenten en de Omgevingswet (door Peter Wijn en Marco Vergeer).
- Een artikel waarin een aantal gemeenten reageren (door Marco Vergeer, aan de hand van een Delphi-onderzoek onder 15 personen).
- Een artikel waarin voormalig raadsadviseur Eric Luiten reageert op stadsbodemmeesterschap in een bijeenkomst van bodemambassadeurs (door Erik Verhallen en Marco Vergeer).

Vervolgactiviteiten

In meerdere bijeenkomsten is stadsbodemmeesterschap aan de orde geweest. Daarbij valt op dat de gedachte erachter met instemming wordt begroet, maar de interpretatie ervan voor ieder gebied anders is. En zo hoort dat ook, in een land waarin de Omgevingswet aanstaande is. Dit voorstel beoogt niet om een blauwdruk vast te stellen. Het beoogt op de eerste plaats om gemeenten **in de 'doe-sfeer' te krijgen** en aan de andere kant **eventuele obstakels te ruimen**. Daarvoor zijn volgens ons de volgende activiteiten nodig:

1. Gemeenten verzamelen die met elkaar het gaan uitproberen in de praktijk en daarvan leren.
2. Het uitwerken van de cornervlaggen van Eric Luiten.
3. Reflecties opvragen en blijven bespreken.
4. Portretten maken van 'echte' stadsbodemmeesters.
5. Actieve doorontwikkeling van de gedachte door te publiceren.
6. Landgebruik, de footprint van de stad.

De activiteiten zullen in samenhang met elkaar worden uitgevoerd, om effectief te zijn. De zevende activiteit is het uitwerken van een werkvorm of proces-structuur waarin geleerde lessen worden gebruikt voor het verbeteren van het verhaal achter stadsbodemmeesterschap en de doorwerking in de praktijk (nog verder) te vereenvoudigen. Deze uitwerking laten we organisch ontstaan, anticiperend op ontwikkelingen en kansen. We verwachten eind 2017 een advies hiervoor te maken.

We = UP Bodemconvenant en Bewust Bodemgebruik en wie zich in de toekomst aansluit.

² **Utrecht:** In het centrum van Utrecht is het stationsgebied in ontwikkeling. Bij de voorbereiding op deze werkzaamheden ondervonden bodemambtenaren dat ze actief waren in de realisatiefase. Ze mochten reageren op bestaande plannen en konden niet anders dan werken stil leggen, omdat onvoldoende rekening was gehouden met ondergrondse archeologie, aanwezige kabels en leidingen, grondwaterstromingen of bodemverontreiniging. In een bijeenkomst met onder meer oud-minister Jacqueline Cramer werd besloten om de ontwerpfase deels opnieuw te doen: door beschikbare data van de bodem samen te nemen en te komen tot een gezamenlijke (alle bouwers, aannemers, projectontwikkelaars en de stationsorganisatie) interpretatie van de lokale bodemsituatie.

³ **Rotterdam:** Met de mouwen opgestroopt is Rotterdam aan de gang met het compacter maken van de binnenstad. Op iedere beschikbare hoek is of wordt een nieuw en hoog gebouw neergezet. De ondergrond wordt intensief gebruikt voor ondergrondse bebouwing, energiesystemen en infrastructuur. "We hebben een ondergrondse schutting van 20 meter diep en een kilometer lang gecreëerd", aldus een medewerker van de gemeente. Een schutting die in andere delen van de stad zorgt voor grondwateroverlast en noodzakelijke herstelkosten of problematische bouwsituaties.

⁴ Of (in het Rotterdams) de ondergrondbouwmeester. De term is een vlag, het gaat om de lading.

Activiteit 1 Gemeenten verzamelen die met elkaar het gaan uitproberen in de praktijk en daarvan leren

In activiteit 1 gaan gemeenten ervaring opdoen in de praktijk. Het is geen pilot of experiment, maar echte praktijktoepassing. We denken aan een samenwerkingsvorm met ruimte om te leren van elkaar en reflectie, waarin 3 tot 5 gemeenten stadsbodemeesterschap toepassen en 10 tot 15 andere gemeenten meekijken. In april 2017 worden daarvoor gemeenten benaderd. Hen wordt gevraagd om⁵ één dag input willen leveren voor het schrijven van een projectvoorstel voor het kennisprogramma van het UP Bodemconvenant of (als dat beter past) een ander uitvoeringsprogramma. In bijlage 1 is deze activiteit uitgewerkt.

Activiteit 2 Het uitwerken van de cornervlaggen van Eric Luiten

Voormalig raadsadviseur Eric Luiten heeft in oktober 2016 het stadsbodemeesterschap geanalyseerd en besproken in een ambassadeursbijeenkomst. In zijn analyse benoemt Luiten vier niet-gedefinieerde cornervlaggen van het speelveld van de stadsbodemeester:

- a) We moeten meer weten van het maximale laadvermogen van de bodem (vlag 1). Een complexe vraag omdat het gaat om het optellen van verschillende ondergrondfuncties en we die som relateren aan het verwerkingsmogelijkheden van het bodem- en watersysteem. De factor tijd speelt ook een rol. Eric Luiten waarschuwt dat teveel functies in een gebied leidt tot kostbare 'ziekteverschijnselen' (zoals bodemdaling, verzilting, wateroverlast, wateronderlast, paalrot) en we de neiging hebben om alleen de symptomen te bestrijden. John de Ruiter⁶ constateert dit ook in zijn werk en vertaalde dat naar een emmertje dat 'op een gegeven moment' overloopt door de vele functies in het gebied. Om meer grip te krijgen zal in mei 2017 met kennisinstituten (ecoysteem- én geosysteemdiensten) gezocht worden naar een scherpere behoeftearticulatie: ***"Hoe kunnen we het laadvermogen beter duiden, zonder te vervallen in omvangrijke rekenexercities. Wat zijn de handzame tools van de stadsbodemeester?"***
- b) De lagenbenadering is volgens Luiten in het verleden niet goed toegepast, namelijk van onder naar boven in plaats van andersom (vlag 2). De Omgevingswet biedt een kans om dit te herstellen, gesteund door het VNG-standpunt dat voorafgaand aan een Omgevingsvisie het bodem- en watersysteem bekend moet zijn. Kwartiermakers van het UP STRONG hebben de opdracht om dit verhaal bestuurlijk en ambtelijk in regio's op gang te krijgen: ***"Wat hebben zij de meester te bieden ten aanzien van het omdraaien van de lagenbenadering?"*** Voor deze actie formen we een praktijkteam, dat de kwartiermakers in september en november (respectvol) zal ondervragen. Wat levert jullie actie op en welke extra interventies zijn nodig? Ter voorbereiding op de formatie van het team en de vragenlijst wordt in juni 2017 een bijeenkomst van gemeentelijke ruimtelijke inrichters en beheerders (actief in de ontwerp- en realisatiefase) georganiseerd.
- c) Vlag 3 en 4 zijn 'De bodem als collectieve conditie' en 'ieder zijn verantwoordelijkheid'. In de bodem speelt het dilemma van collectief versus individueel. Een initiatiefnemer is gewend om het eigen initiatief vanuit de activiteit te beoordelen. Het bodem- en watersysteem is echter een traag-dynamisch samenspel tussen functies, kringlopen en processen. De gemeente (als vertegenwoordiger van het collectief) zal meer vanuit ecologische, financiële, organisatorische en ruimtelijke systemen de activiteit beoordelen. De kans op een mismatch is aanwezig en is dagelijks waarneembaar. Het symptoom is: het initiatief kost meer geld of tijd en/of brengt kostbare schade toe aan het bodem- en watersysteem ten koste van de samenleving. De Omgevingswet biedt op dit dilemma geen antwoord. Of toch wel? Oktober 2017 organiseren we een dialoog met kenners van het bodem- en watersysteem en de Omgevingswet over dit onderwerp: ***"Hoe kan de stadsbodemeester een gewaardeerde en bemiddelende rol te spelen tussen het systeem en de activiteit?"***

Activiteit 3 Reflecties opvragen en blijven bespreken

De activiteiten laat zien dat we in gesprek gaan met anderen. Deze gesprekken leiden tot netwerk en draagvlak maar vooral tot meer inzichten en praktische uitwerking. Daarnaast willen we in juli 2017 de uitvoeringspraktijk (een tweede Delphi-onderzoek) en een autoriteit vragen om te reageren op de vorderingen (dat kan Eric Luiten wederom zijn of een ander). De reflectie is in september geprogrammeerd met het oog op de ambassadeursbijeenkomst en het congres BodemBreed. Verder: nationale programma's zoals 'Aan de slag met de Omgevingswet' en 'Agenda Stad' zijn mogelijke partners waar we mee willen spreken, ook met het oog op activiteit 2c: ***"Wat zijn de relaties tussen het denken over coöperatieve samenleving, de impact van de Omgevingswet en stadsbodemeesterschap?"***

⁵ Bij voorkeur samen met het Initiatief Bewust Bodemgebruik, het UP Bodemconvenant en de WEB.

⁶ Werkzaam bij gemeente Rotterdam en tevens actief bij de Bouwcampus en UP Bodemconvenant

Activiteit 4 Portretten maken van ‘echte’ stadsbodemmeesters

Diverse publicaties⁷ laten portretten zien van steden die de bodem inzetten om maatschappelijke opgaven te helpen. In deze activiteit zoeken we de mens achter deze initiatieven. In de eigen netwerken, via LinkedIn en de verschillende publicaties gaan we in april 2017 op zoek naar ‘echte’ stadsbodemmeesters. Van deze meesters maken we vanaf juli 2017 maandelijks korte portretten: wie bent u, wat doet u, wat is uw geheim, wat is uw grootste succes? De profielen worden opgesteld door studenten journalistiek en verschijnen op een website.

Activiteit 5 Actieve doorontwikkeling van de gedachte door te publiceren

In oktober 2017 maken we de balans op: welk materiaal hebben de activiteiten van 2017 opgeleverd? Daar wordt een publicatie van gemaakt. Op basis daarvan spreken we in oktober 2017 met de bodemambassadeurs de wenselijkheid en invulling van vervolgactiviteiten in 2018.

Activiteit 6 Landgebruik, de footprint van de stad

Volgens [OneWorld](#) kost het maken van een spijkerbroek 8.000 liter water. Voor een katoenen T-shirt is 2.700 liter nodig. Analyses van diverse LCA studies (Levenscyclusanalyse) door het [Planbureau voor de Leefomgeving \(PBL\)](#) laten de effecten zien van de productie van vlees, zuivel en vis op natuur en milieu. Het landbeslag van rundvlees loopt op tot 2.000 m² per kg eiwit, terwijl dit voor kippenvlees slechts circa 30 m² per kg eiwit bedraagt. Het zijn getallen die iets zeggen over de impact van producten die we dagelijks gebruiken.

Is zo iets ook mogelijk voor een stad als geheel? De stad en haar gebruikers hebben grondstoffen, water, energie en voedsel nodig van buiten de stad. **“Hoeveel land heeft een stad nodig om te bouwen en te bestaan? Wat is de footprint van de stad?”** Deze vraag voegt een nieuwe extra integrale dimensie toe aan de huidige definities van duurzaamheid en energieneutraliteit. Maxergy is een tool om het landbeslag van een stad te kwantificeren (zie bijgevoegde blog). Met Ronald Rovers willen we in juli 2017, op de achterkant van een sigarendoos, een berekening doen. Met dat resultaat gaan we in oktober 2017 de ambassadeurs bevragen: **“Wat kan de bijdrage zijn van deze manier van denken op het begrip duurzame stad?”**

Activiteit 7 Organiseren

‘Stadsbodemmeesterschap’ is een term die is ontstaan in bijeenkomsten van het Initiatief Bewust Bodemgebruik, maar waar anderen een belangrijke bijdrage hebben geleverd. Dat geldt ook voor de activiteiten die in 2016 zijn verricht, onder meer in samenwerking met UP Bodemconvenant. Die lijn willen we in 2017 doorzetten: op 6 activiteiten meters maken en iets te weeg brengen in de praktijk.

Bewust Bodemgebruik biedt graag aan om deze activiteiten te organiseren en te doen. Hieronder zijn de activiteiten in de tijd uitgezet. Echter, ze wil en kan dat niet alleen. UP Bodemconvenant is een partner. We zoeken meer partners.

April	Projectvoorstel met gemeenten (act. 1) Oproep ‘wie kent een echte stadsbodemmeester’ (act. 4)
Mei	Start traject laadvermogen (act. 2a)
Juni	Sessie met ruimtelijke inrichters (act. 2b)
Juli	Reflectie praktijk (act. 3) Footprint uitrekenen voor een stad (act. 6) Start schrijven van beschrijvingen ‘wie kent een echte stadsbodemmeester’ (act. 4)
Augustus	Sessie met kwartiermakers UP STRONG (act. 2b)
September	Reflectie autoriteit (act. 3)
Oktober	Dialogo collectief vs individueel (act. 2c) Ambassadeursbijeenkomst: <ul style="list-style-type: none">• Stand van zaken projectvoorstel (act. 1) en uitwerking cornervlaggen (act. 2)• Reflectie en vervolg (act. 3) omgezet in een publicatie (act. 5) met daarin portretten (act. 4)• Maxergy-berekening van landbeslag stad (act. 6)
November	Sessie met kwartiermakers UP STRONG (act. 2b)
December	Plan 2018

⁷ Zoals: ‘Ontdek de stadsbodem’ van TCB, ‘Verdienmogelijkheden’ van Nederland Boven Water, website Routeplanner BodemAmbities (in beheer van RIVM)

ARBEID ADEL, NOG STEEDS: HET
AQUADUCT. 2/2
FEBRUARI 13, 2017



Arbeid als energiebron is vaak een vergeten factor, zoals in de vorige blog verkend.[1] Daar lees je weinig over, dat wil zeggen arbeid in kWh. En dat lijkt ook niet zo erg in verhouding tot de enorme hoeveelheden energie die wij in onze samenleving stoppen. Maar toch, het is toch interessant om dat eens te proberen te kwantificeren. En toen ik dat laatst deed, was er een verrassende uitkomst.

De aanleiding was dat ik een tijdje geleden weer eens een oud Romeins aquaduct tegen kwam. En deze, in Segovia in Spanje was dus zelfs nog in 1995 in werking. Verbazingwekkend. Dan zit er dus wel een gigantische hoeveelheid materiaal en arbeid in die aquaducten, maar ze gaan ook wel heel lang mee, in dit geval z'n 1900 jaar. Dus je hoeft ze niet vaak te vervangen, en wellicht is dat de inspanning waard? Dat ben ik toen maar eens gaan uitrekenen.

Gelukkig zijn die Romeinse aquaducten goed gedocumenteerd, speciaal die rond Rome. [2] Goede data vond ik voor een stuk van 11 km, deel van het Claudia aquaduct. Het bestaat uit 1200 bogen, met een spanwijdte van 9 meter, met het water kanaal erop z'n 1 bij 1 meter. De gebruikte stenen zijn $0,9 \times 0,9 \times 1$ meter, ieder goed voor z'n 2 ton. Totaal komt het neer op $1,5 \times 10^5$ stenen met een totaal gewicht van 300.000 ton voor de 11 km, z'n 27.500 kg per strekkende meter.

Dat is een hoop steen en vooral werk! Een beetje rekenwerk leert hoeveel werk precies. Er zijn 2 man nodig, die z'n 5 dagen hakken in de groeve, om 1 steen te maken. Dat betekent dus een totaal aan $1,5 \times 10^6$ mandagen voor het werk in de groeve. Die was z'n 8 km van de bouwplaats. Met een kar getrokken door een os en begeleid door 6 man werd de steen in 1 dag naar de bouwplaats vervoerd.

Maw : 1 steen per dag per team van 6 , oftewel totaal $0,9 \times 10^6$ mandagen.

In de literatuur vinden we dat er ongeveer 15 man aan 1 pilaar werkten, en nog eens 4 voor het liften van de stenen, dat ongeveer 10 minuten per 4 meter lift duurde. Dat bijeen geteld levert $3,3 \times 10^5$ mandagen op het werk. Alles samen 2,7 miljoen mandagen, ofwel 7400 man-jaar.

We kunnen dat eens vergelijken met de meest basic manier om water te halen, op en neer lopen naar een bron of meertje, zoals dat nu nog in sommige ontwikkelingslanden gebeurt. Rome vandaag de dag gebruikt z'n 600.000.000.000 liter water per jaar. Als dat lopend over 11 km gehaald moet worden, dan kan 1 persoon max 2 keer per dag op en neer, met max 20 liter water per keer, ofwel 40 liter water per dag maal 365 dagen levert zo 14000 liter water per jaar per persoon. Om Rome op die manier van water te voorzien zouden er 42 miljoen mensen nodig zijn, continu. Rome heeft slechts 2,75 miljoen inwoners, dus dat gaat niet werken. Maar voor de vergelijking: dat zijn 42×10^6 man-jaar .

Dan moeten we ook nagaan hoeveel aquaducten nodig zijn: Het stuk van 11 km leverde 200.000 m³ per dag, ongeveer 12 % van de huidige vraag, ofwel 8 aquaducten zijn er nodig, x 7400 manjaar is ongeveer 60.000 manjaar. Maar opgelet: de de loop-variant is manjaar *per jaar*. Het aquaduct als het klaar is functioneert van zelf. Stel het werkt z'n 100 jaar, dan is dat dus 600 manjaar-per jaar ter vergelijking. Stel voor ieder stuk zijn 10 man permanent bezig met onderhoud, maal 8 is 80 man extra permanent, brengt het totaal of 680 manjaar per jaar.

Een immens verschil met lopen. De investering in het aquaduct is groot, maar verspreid in de tijd valt dat reuze mee. En als het 1900 jaar meegaat zoals bij Segovia, dan worden de manjaren verder gereduceerd tot 30 + 80, ofwel 110.

Aardig om te weten, maar iedereen is natuurlijk nieuwsgierig naar hoe zich dat verhoudt tot het moderne pijpen en pompen van water. Hiervoor nemen we de energie die nodig is voor het pompen. Dat blijkt in Nederland gemiddeld over het geheel z'n 0,5 kWh per m³ water te zijn.[3] Voor Rome komt dat neer op 300 miljoen kWh per jaar. Als we dat ook in mankracht vertalen, en aannemen dat 1 persoon per dag 1 kWh kan leveren, dan zou dat neerkomen op 820.000 man-jaar per jaar. Veel minder dan lopen, maar veel en veel meer dan met inzet van 'zwaartekracht'.

Als we de pompvariant zouden vertalen in een moderne energievoorziening, de energie wordt geleverd door zonne panelen, dan komt dat neer op 2,5 km² aan panelen. (gerekend met 120 kWh per m²/jaar)

Nu wordt het interessant, om de zonnepanelen optie met de manjaren te vergelijken. Daarvoor kijken we naar de eveneens via zonne-energie geproduceerde voedsel opname per persoon. Er zijn vele cijfers over het land-beslag van een gemiddeld dieet, ik heb hier 2000 m² genomen als een gemiddelde, voor voedsel via open landbouw. De loop-variant vereist dat dan 84000 km²/jaar permanent, ene de zwaartekracht optie 1,36 km²/jaar.... (bij 100 Jaar, bij 1900 jaar wordt dat 0,22 km²) Voor de pomp optie met mankracht is dat 1640 km².

Bij die zwaartekracht optie zaten nog niet de ossen inbegrepen. Het blijkt dat 1 ossenkar 1 steen per dag kan brengen, voor $1,5 \times 10^5$ stenen, komt dat neer op 3×10^5 ossedagen(inclusief retourdag). Stel een os eet 60 kg graan per dag (ongeveer wat een NL koe eet) dan is dat 20 ton per jaar. Met een graanoogst van 8 ton per hectare per jaar, kost een os dus ongeveer 2,5 hectare land, oftewel samen 20 km² voor voedsel. Uiteraard weer gedeeld door de levensduur van het aquaduct, 100 jaar , is dat 0,2 km², opgeteld komt dat neer op totaal 1,56 km² voor de zwaartekracht optie.

Een verrassende uitkomst, in alle opzichten komt de zwaartekracht optie er als beste uit.... zelfs minder als het PV oppervlak! En zelfs vandaag de dag zou het interessant zijn, en tegelijk een hoop werkgelegenheid creëren.

Dat we het niet doen, komt door het vrijelijk exploiteren van olie gas en kolen, Terwijl we die conversie-routes nog steeds proberen te optimaliseren, is een interessantere technologie nog steeds aanwezig maar vergeten. Technologie ontwikkeling zou dus beter gericht kunnen zijn op het verbeteren van een al lang bestaande maar vergeten technologie. Want we zouden dat aquaduct vandaag veel efficiënter kunnen bouwen, ook met handwerk. (en evt een gesloten buis als kanaal) Het probleem is we hebben een systeem ontwikkeld dat fysische uitgangspunten volkomen negeert. Arbeid is daarin hoog belast, en goederen en brandstoffen weinig, en zelfs gesubsidieerd. Dat geldt natuurlijk niet alleen voor de watervoorziening. De trend in alle technologie is er een van extrapoleren van bestaande, ipv bezinnen op de uitgangspunten, en met name op de belasting in energie, materialen land en tijd.

In alle 3 de gevallen heb ik de materialen zelf niet meegerekend, zoals de emmers, de stenen en pijpen en pompen. Die eveneens energie en massa vereisen, en een gerelateerde land-tijd relatie hebben. Geschat is dat dat de verhoudingen niet zullen veranderen, de impact van metalen in pijpen en pompen is hoog (in exergy termen) en het aquaduct kan nog veel efficiënter. Maar als de tijd ervoor is ga ik dat ook nog eens uitrekenen. De relatie tussen energie en massa in tijd en landgebruik is de essentie van een tool genaamd MAXergy, waarin dit in Embodied land wordt uitgedrukt. [4]

De essentie blijft echter: het evalueren niet van een product maar van een service in de samenleving dient voorop te staan, en in een totale systeemevaluatie, waarbij de minste arbeid/land input de grootste output levert, gerelateerd aan de enige bron die iets toevoegt aan ons systeem, en het niet van binnen uitput: de zon. De enige manier om tot de juiste afwegingen te komen.

PS. De berekeningen zijn indicatief, niet bedoeld als ultieme berekening. De cijfers zijn wel gebaseerd op documentatie, hier en daar is een aanname gedaan ('educated guess') . Maar suggesties voor verbeteringen zijn welkom.

[1] <http://ronaldrovers.nl/?p=348>

[2] Frontinus' legacy – Essays on Frontinus' de aquis urbis Romae D.R. Blackman and A.T. Hodge 2001

[3] Vewin 2009 <http://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Kerngegevens%20drinkwater%202009.pdf>

[4] closing cycles calculation tool, on the basis of Embodied land : www.maxergy.org