Rapportage samenwerking met TU-Delft: ‘Open data / open innovatie’

Een verkenning naar co-creatie

Auteur: J.D. van Duijvenbode

September 2015

Introductie

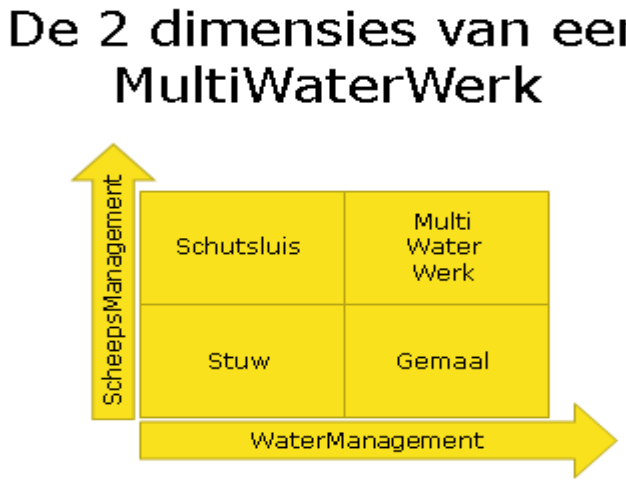
TU Delft ontwikkelde als inspiratie voor cocreatie met een collectief van bedrijven en overheid een aanzet voor een slim open platform waar kennis over, en innovatieve- en standaard bouwmethodes voor, multiwaterwerken een plek kunnen krijgen. Onderstaand een korte samenvatting van de bereikte resultaten.

1. Vaarwegen/MultiWaterWerken

De waterwegen in Nederland zijn door het bedrijf '2coolmonkeys' vertaald in een CEMT-netwerk met een simpele routeplanner om van knooppunt A naar knooppunt B te varen, zie: www.vaarwateren.nl . Er is een overzicht gemaakt van de lijst met sluizen zoals opgenomen in het projectplan van MWW. Dit overzicht is ontsloten via een wikipedia site: www.sluispedia.nl .De 52 multiwaterwerken zijn verdeeld in 3 categorieën "Leeftijd", "Capaciteitsknelpunt" en "Planstudie", zie:http://www.waterapp.nl/list/multiwaterwerk

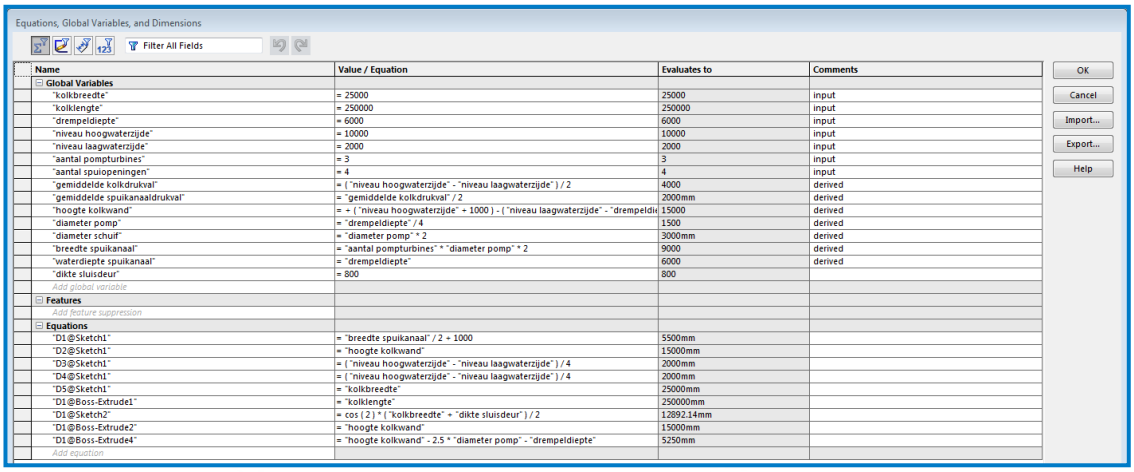
2. MultiWaterWerk complex

Als stip aan de horizon voor een MultiWaterWerk van de 21ste eeuw is gekozen voor een slim kunstwerk die water keren, schepen schutten, maar ook watermanagement als functies in zich bergt.
Dit resulteerde in een concept waarbij niet het schutten maar het watermanagement centraal wordt gesteld. En watermanagement is dan niet alleen spuien van water van het hoge pand naar het lage pand maar ook het verpompen van water bij een watertekort, inclusief de mogelijkheid van een visvriendelijke turbine die zelfs meegeschakeld kan worden bij het nivelleren.

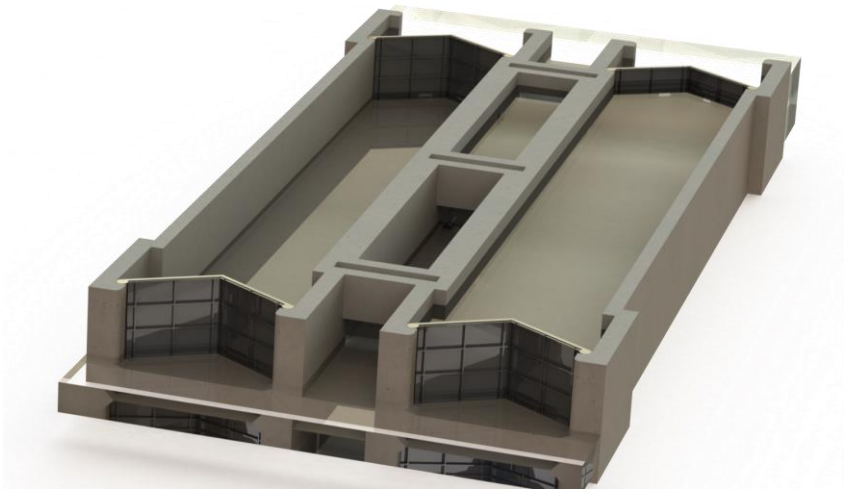


De twee dimensies van een MultiWaterWerk

Het bedrijf Pentair maakte van dit concept een 3D Solidworksmodel voor een productfamilie (zie onderstaande figuur)



Name	Value / Equation	Evaluates to	Comments
Global Variables			
"kolkbreedte"	= 25000	25000	input
"kolklengte"	= 250000	250000	input
"drempeldiepte"	= 6000	6000	input
"niveau hoogwaterzijde"	= 10000	10000	input
"niveau laagwaterzijde"	= 2000	2000	input
"aantal pompturbines"	= 3	3	input
"aantal spuiopeningen"	= 4	4	input
"gemiddelde kolkdrukval"	= ("niveau hoogwaterzijde" - "niveau laagwaterzijde") / 2	4000	derived
"gemiddelde spuikanaaldrukval"	= "gemiddelde kolkdrukval" / 2	2000mm	derived
"hoogte kolkwand"	= + ("niveau hoogwaterzijde" + 1000) - ("niveau laagwaterzijde" - "drempeldi	15000	derived
"diameter pomp"	= "drempeldiepte" / 4	1500	derived
"diameter schuif"	= "diameter pomp" * 2	3000mm	derived
"breedte spuikanaal"	= "aantal pompturbines" * "diameter pomp" * 2	9000	derived
"waterdiepte spuikanaal"	= "drempeldiepte"	6000	derived
"dikte sluisdeur"	= 800	800	
Add global variable			
Features			
Add feature suppression			
Equations			
"D1@Sketch1"	= "breedte spuikanaal" / 2 + 1000	5500mm	
"D2@Sketch1"	= "hoogte kolkwand"	15000mm	
"D3@Sketch1"	= ("niveau hoogwaterzijde" - "niveau laagwaterzijde") / 4	2000mm	
"D4@Sketch1"	= ("niveau hoogwaterzijde" - "niveau laagwaterzijde") / 4	2000mm	
"D5@Sketch1"	= "kolkbreedte"	25000mm	
"D1@Boss-Extrude1"	= "kolklengte"	250000mm	
"D1@Sketch2"	= cos (2) * ("kolkbreedte" + "dikte sluisdeur") / 2	12892.14mm	
"D1@Boss-Extrude2"	= "hoogte kolkwand"	15000mm	
"D1@Boss-Extrude4"	= "hoogte kolkwand" - 2.5 * "diameter pomp" - "drempeldiepte"	5250mm	
Add equation			

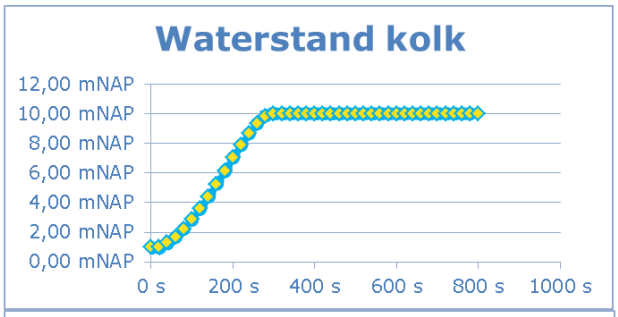


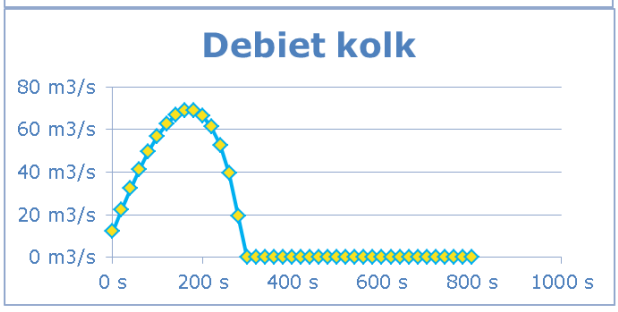
Dit parametrisch model levert net zo makkelijk een Va Multiwaterwerk als een Va of VIb kunstwerk of iets daar tussenin. Bij het model wordt ook een bibliotheek geleverd met visvriendelijke pompen en de wijze waarop deze kunnen worden gedimensioneerd.

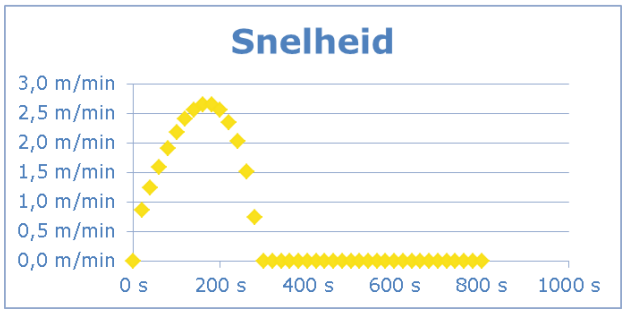
Door het bedrijf ‘made by mistake’ (maquettebouw) zijn 2 versies gemaakt van een 3D model door deze met een 3D printer te printen. Het hart van dit MWW model wordt niet gevormd door de schutkolk maar door de geïntegreerde watermanagement oplossing met een visvriendelijk bipolaire pomp en turbine. Hiermee kan ook het water van de ene kolk naar de andere kolk worden gevoerd.

3. Hydraulisch model

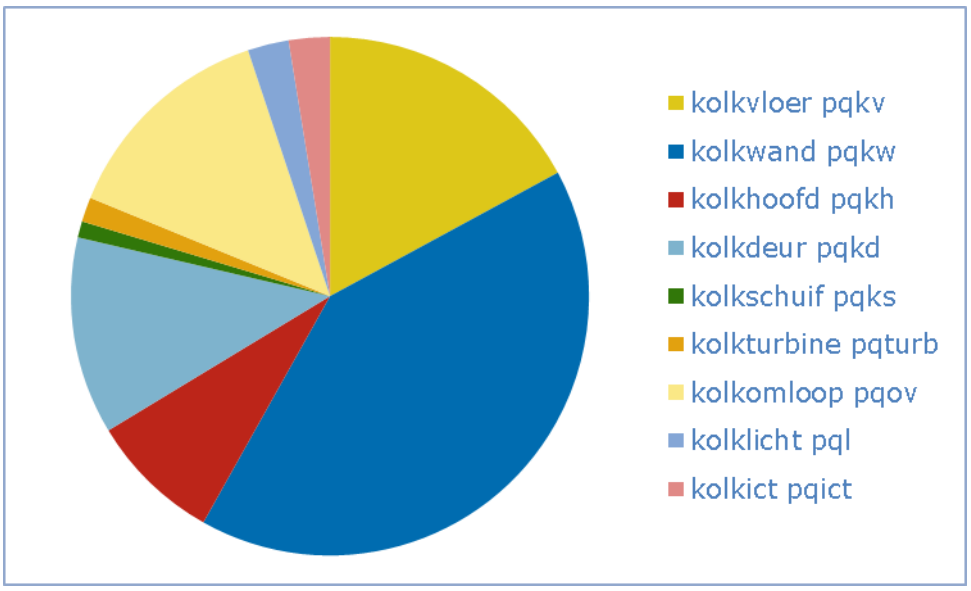
Rijkswaterstaat ontwikkelde een simpel hydraulisch model om de vulling van een kolk te simuleren. Onderstaand een voorbeeld van de door dit model gegenereerde output.

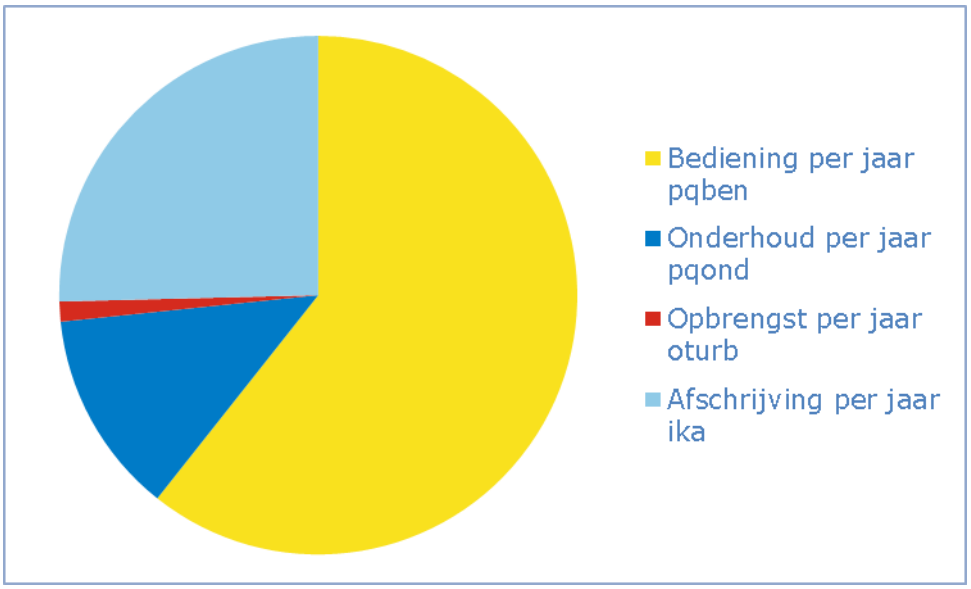






Aan dit model is een simpel kostenmodel toegevoegd om de aanlegkosten en de jaarlijkse kosten en -opbrengsten te kunnen berekenen. Met dit model kunnen onderstaande kostenplaatjes worden gemaakt.





De eenheidsprijzen en alle andere parameters kunnen worden gevarieerd. Het model is door ‘2coolmonkeys’ geïmplementeerd op de website www.sluisberekening.nl

Er is een systematiek ontwikkeld voor het beschrijven van de sluisparameters.

waarde	omschrijving
12,5	b_k = width of lock chamber [m]
125	l_k = length of lock chamber [m]
9	dh_0 = intial water level difference [m]. $dh_0 = h_{bov} - h_{ben}$
14062,50	v = volume leveling lock chamber [m^3]. $v = b_k * l_k * dh_0$

#	parameter spelregels
1	alle parameters worden opgenomen in een van a-z gesorteerde MWW parameter omschrijvinglijst op sluispedia met 3 kolommen naam,eenheid en fo
2	naam parameter = allemaal kleine letters van het alfabet eventueel gevolgd door cijfers
3	naam parameter in php = $ +naam
4	parameter omschrijving = naam van de variabele = omschrijving in engels en eenheid tussen ()
5	parameter formule om variabele te berekenen volgt na omschrijving van de variabele en een .
6	parameter formules in exel maken gebruik van deze parameters gedefineerd met rechtermuis truc naam defineren
7	waarde parameter en omschrijving parameter zijn 2 cellen naast elkaar
8	waarde parameter invoer is links uitgelijnd, tussenwaarde midden en uitvoerwaarde rechts uitgelijnd
9	paarmeter omschrijving kan worden opgemaakt met sup en super schrift
10	de invoerwaarde van een parameter is een veelvoud van 5 uitgeschreven in het decimaal stelsel en eindigt op een cijfer '5' of een cijfer '0'.
11	stap waarden van een parameter zijn gebaseerd op een veelvoud van het getal 5 (5/100;5/10;5;50...)
12	start en eindwaarden zijn gebaseerd op een geheel getal vermenigvuldigd met het veelvoud van het getal 5 (n*5/100;n*5/10;n*5;n*50...)
13	getallen met komma's in formules worden vervangen door een breuk
14	berekende formules worden weergegeven met 2 cijfers achter de komma
15	machten worden in de formule geschreven als een php machtsfunctie 2**3=8
16	in formules wordt voor het vermenigvuldigingsteken een * gebruikt

Op basis hiervan is een aanzet gemaakt voor een lijst van 78 MWW parameters. Deze zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Naam	eenheid	Formule
ah = area leveling holes	m2	ah = bh*vh*th
aks0 = wet cross section next to the vessel at = t0	m2	
aksm = wet cross section of the vessel at max. discharge	m2	aksm = (hben + 5/9*dh0 - zk) * bk - as
as = cross section of vessel	m2	
astr = 1,5*bh*d2*(hben-zk)	m2	astr = (3/2)*bh*d2*(hben-zk)
aturb=surface turbine	m2	
bh = width of leveling holes	m	
bk = width of lock chamber	m	
bo = width watermanagement chamber	m	
bs = width of vessel	m	
cb = blocking coefficient vessel	-	cb = 9/10
cl1 = leveling factor	-	cl1 = ((lk - xb) / lk)**2
cl2 = leveling factor	-	cl2 = ((lk - ls - xb) / lk)**2
co2fact = co2 emission factor	tonCO2/MWh	
d2 = coefficient for cross section jet	-	recommended 0.25
d3 = relation between end of lift and max. discharge	-	1 < d3 < √3 (recommended d3 = 135/100)
dh0 = intial water level difference	m	dh0 = hbov - hben
ds = draught of vessel	m	
f_n = negative longitudinal force	‰	f_n = -80/100
f_p = positive longitudinal force	‰	f_d = +80/100
g = acceleration gravity	m/s2	g = 981/100
hben = downstream water level (= init. chamber water level)	m N.A.P.	
hbov = upstream water level	m N.A.P.	
hh = lift height slides	m	hh = vh*th
ik = investment lock	eur	ik=pqkv+pqkw+pqkh+pqkd+pqks+pqkturb+pqkov+pql+pqict
ika = depreciation lock	eur/a	ika=ik/nj
lk = length of lock chamber	m	
ls = length of vessel	m	
mu = discharge coefficient	-	65/100>mu<75/100
nd = number of gates per lock chamber	-	
nj = depreciation years	a	
nk = number lock chambers	-	
no = opening hours	h	
nschut = number of levelings	-	
nturb = number of turbines	-	
ohr = operating times	-	
oturb = turbine yield per year	eur/a	oturb=oturb
pben = unit price operation	eur/h	
pco2 = CO2 emission price	eur/tonCO2	
pe = unit price elecricity	eurocent/kwh	
pict = unit price ict	eur/m2	
pkd = unit price lock chamber door	eur/m2	
pkh = unt price lock head	eur/m2	
pks = unit price lock leveling slide	eur/m2	
pkv = unit price lock floor	eur/m2	
pkw = unit price lock chamber wall	eur/m2	
pl = unit price lightning	eur/m2	
pond = maintenance percentage	%	
pov = unit price lock watermanagement	eur/m2	
pqben = operation per year	eur/a	pqben=pben*no*52
pqict = investment lock chamber ict	eur	pqict=nk*pict*bk*lk
pqkd = investment lock chamber door	eur	pqkd=pkd*nd*nk*bk*(hbov-zk)
pqkh = investment lock chamber head	eur	pqkh=pkh*nk*nd*bk*(hbov-zk)
pqks = investment leveling slide	eur	pqks=pks*nk*nd*Ah
pqkv = investment lock chamber **floor**	eur	pqkv=pkv*nk*lk*bk
pqkw = investment lock chamber wall	eur	pqkw=pkw*nk*2*lk*(hbov-zk)
pql = unit price lightning	eur	pql=pl*nk*bk*lk
pqond = maintenance per year	eur/a	pqond=ik*pond
pqov = investment lock watermanagement	eur	pqov=pov*nk*bo*lk
pqturb=investment lock turbine	eur	pqturb=pturb*nturb*aturb
pturb = unit price lock turbine	eur/m2	
rdyn = efficiency alternator	-	
rturb = efficiency turbine	-	
sgw = density water	kg/m3	sgw=1000
sklep=sluice gate on/off	-	1|0
sturb=turbine on/off	-	1|0
tev = filling time chamber	s	tev =1/2*th + bk*lk*v0 / (g*mu*ah)
th = lift rate sluice gates	s	th = d3 √((2*bk*lk*v0)/(3*g*mu*vh*bh))
topen=time top open lock door	s	
tsluit=time to close lock door	s	
v = volume leveling lock	m3	v = bk*lk*dh0
v_0 =initial flow rate	m/s	v0 = √(2*g*dh0)
vh = normative lift rate	m/s	vh = vh0 als vh0 < vhm; vh = vhm als vh0 > vhm
vh0 = lift rate in view of translatory wave influence	m/s	vh0 =f_p*q*aks0/(1000*mu*bh*v0)
vhm = lift rate in view of influence of filling flow	m/s	vhm = - f_n*aksm*cb*g*ls / (16000/27*mu*bh*v0*v*(cl1 / astr - cl2 / aksm)
vmax=max filling speed	m/min	
xb = distance bow/filling gate	m	
zk = level lock bottom	m N.A.P.	

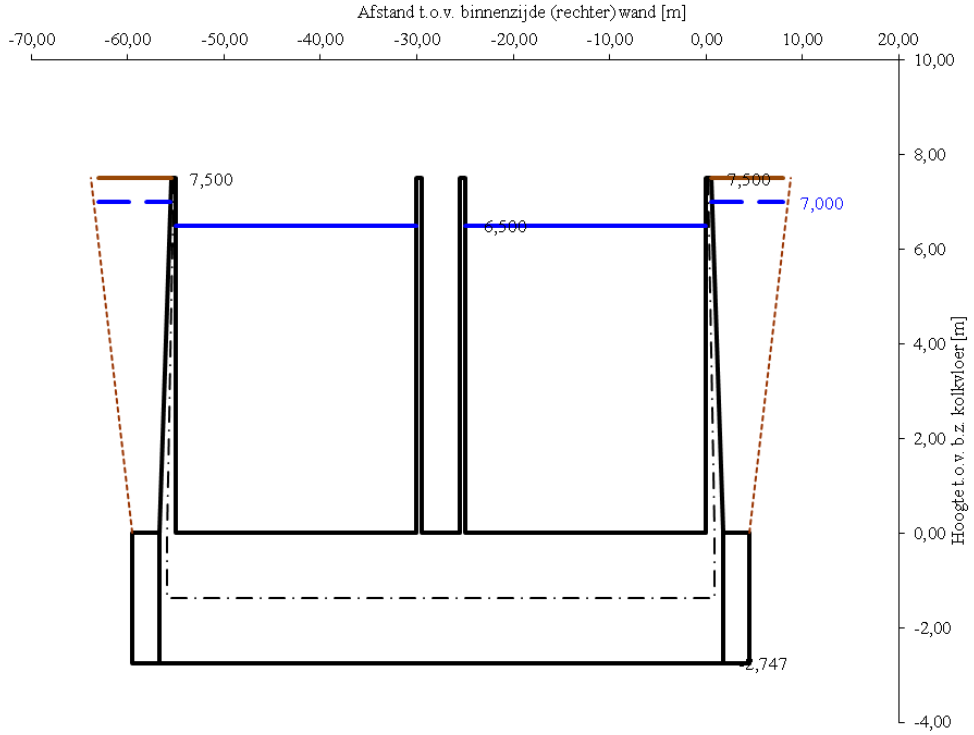
Lijst met 79 sluisparameters opgesteld volgens de ontwikkelde systematiek.

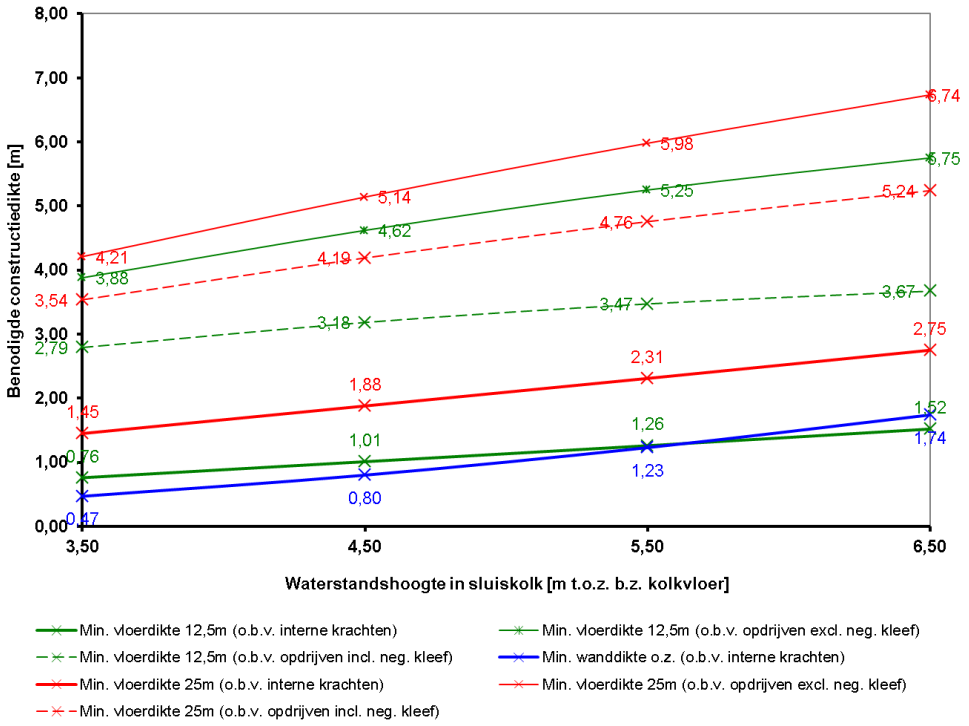
4. MWW bouwstenen

- Het bedrijf 'Total Active media' ontwikkelde een toolkit voor het maken van een power-point presentatie en een boekje en heeft tevens een website ontworpen en gemaakt: http://demo.multiwaterwerken.nl/

  Met het 3D Solidworksmodel (zie onder 2) kan op eenvoudige wijze een lid van een productfamilie worden aangemaakt. Dit parametrisch model geeft net zo makkelijk een Va Multiwaterwerk als een Va of VIb kunstwerk. Er is ook een bibliotheek geleverd met visvriendelijke pompen en de wijze waarop deze kunnen worden gedimensioneerd.
- GemeenteWerken Rotterdam vertaalde het 3D model in een spreadsheet-berekening om dit concept als betonconstructie bak door te kunnen rekenen met wanden en vloeren inclusief de eis om de bak droog te zetten. De 36 parameters uit het model van GWR en de schematisatie zijn als volgt:

Naam	Eenheid	Formule
b_middlesection = width of middle section (if applicable)	m	
b_middlespace = width space in middle section (if applicable)	m	
b_middlewall = width wall of middle section (if applicable)	m	
b_wallbottom = width wall at bottomside	m	
b_walltop = width wall at topside	m	
bk = width of lock chamber	m	
d_floor = *'nuttige hoogte'* floor	m	
d_middlewall = *'nuttige hoogte'* wall of middle section (if applicable)	m	
d_wallbottom = *'nuttige hoogte'* wall at bottomside	m	
f_ck = concrete strength	N/mm^2 = MPa	
f_yd = steel strength	N/mm^2 = MPa	
f_yk = steel strength	N/mm^2 = MPa	
gamma_c = material factor concrete	-	
gamma_s = material factor steel	-	
gamma_UGT_perm_fav = load factor permanent loads (favourable)	-	
gamma_UGT_perm_unfav = load factor permanent loads (unfavourable)	-	
gamma_UGT_var_unfav = load factor variabel loads (unfavourable)	-	
groundangle_floornose = angle for ground on (protruding) 'noses' at end of lock floor	m	
h_floor = height of lock floor	m	
h_gws = groundwaterlevel on outside lock wall (with respect to topside floor)	m	
h_wall = wall height (topside floor to ground surface)	m	
h_watermax = max. water level in chamber (with respect to topside floor)	m	
h_watermin = min. water level in chamber (with respect to topside floor)	m	
k_a = ground pressure factor (active)	-	
k_p = ground pressure factor (passive)	-	
l_floornose = length of (protruding) 'noses' at end of lock floor	m	
nk = number lock chambers	-	
phi_soil = internal friction angle	°	
rho_lmax = maximal percentage reinforcement	-	
rho_lmin = minimal percentage reinforcement	-	
sgc = density concrete	kg/m^3	sgc=2500 <of een andere waarde>
sggw = density groundwater	kg/m^3	sggw=1000 <of een andere waarde>
sgsoildry = density soil, dry	kN/m^3	sggw=18 <of een andere waarde>
sgsoilwet = density soil, wet	kN/m^3	sggw=20 <of een andere waarde>
sgw = density water	kg/m3	sgw=1000
udlsurf = uniformely distributed surface load	kN/m^2	





Ook is een concept ontwikkeld voor een standaardmaatvoering die gebruikt kan worden voor een hexagonaal of orthogonaal grid:

n*100*2^m	n= 1	n= 2	n= 3	n= 4	n= 5
m= -5	3,125	6,25	9,375	12,5	15,625
m= -4	6,25	12,5	18,75	25	31,25
m= -3	12,5	25	37,5	50	62,5
m= -2	25	50	75	100	125
m= -1	50	100	150	200	250
m= 0	100	200	300	400	500
m= 1	200	400	600	800	1000
m= 2	400	800	1200	1600	2000
m= 3	800	1600	2400	3200	4000
m= 4	1600	3200	4800	6400	8000

Merk op dat de maten 100 en 500 mm eruit springen en ook gebruikt worden in het sluizenboek.
Zo kunnen ook voor de kolken van een MWW een aantal netto maten worden gedefinieerd. In de laatste kolom staat de vervangingsopgave.

		0,5 m	0,5 m	0,10 m	0,1 m	
MWW klasse	type schip	Lengte kolk	Breedte kolk	Drempeldiepte	Strijkhoogte	Aantal
I	Spits	43 m	6,0 m	2,8 m	5,0 m	
II	Kempenaar	62 m	7,5 m	3,1 m	6,0 m	#6
III	Dordmunder	75 m	9,0 m	3,1 m	6,3 m	
IV	Rijn Herne kanaalschip	95 m	10,5 m	3,5 m	6,7 m	#2
Va	Groot Rijnschip	125 m	12,5 m	4,2 m	8,8 m	#16
Vb	2baks duwstel	210 m	12,5 m	4,7 m	8,8 m	#4
VIa	2baks duwstel	125 m	24,0 m	4,7 m	8,8 m	
VIb	4baks duwstel	210 m	24,0 m	4,7 m	8,8 m	#8

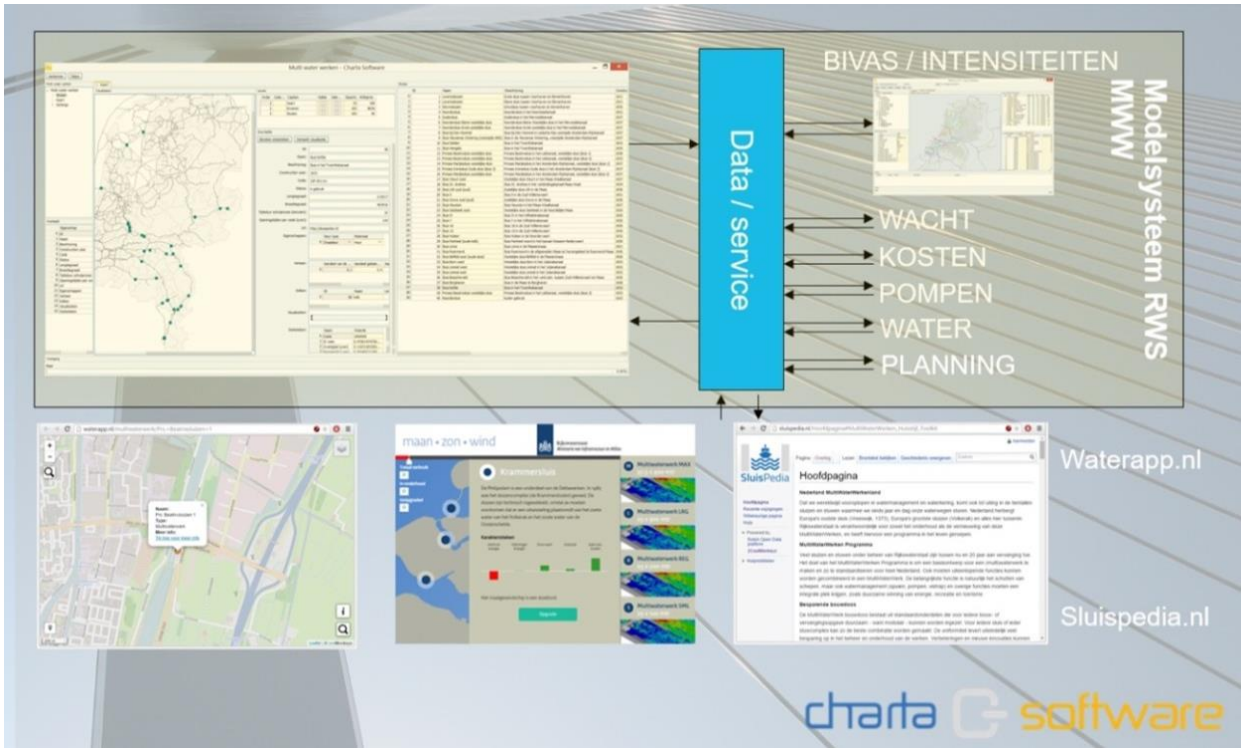
Op basis hiervan kan op simpele wijze een standaardbouwsteen worden ontwikkeld in een 3D ontwerppakket als OpenSCAD. Met OpenSCAD is een standaard polygoon bouwblok ontwikkeld waarmee een MWW kan worden gebouwd met alle typen materialen van kunststof, hout, en staal tot aan beton. De duurzaamheidsparameters zijn op een rijtje gezet voor een bouwblok met 36 veelhoeken, een steekbreedte van 500 mm en een hoogte van 500 mm.

Paramet	waarde	opmerking
F	1,8E+06	5 volle containers
H	0,500 m	hoogte
S	0,500 m	breedte
N	36	veelhoeken
Opp	0,197 m²	
I	3067961576 mm4	
knikL	15,0 m	

Uit de volgende tabel blijkt dat de parameters erg afhankelijk zijn van het gekozen materiaal:

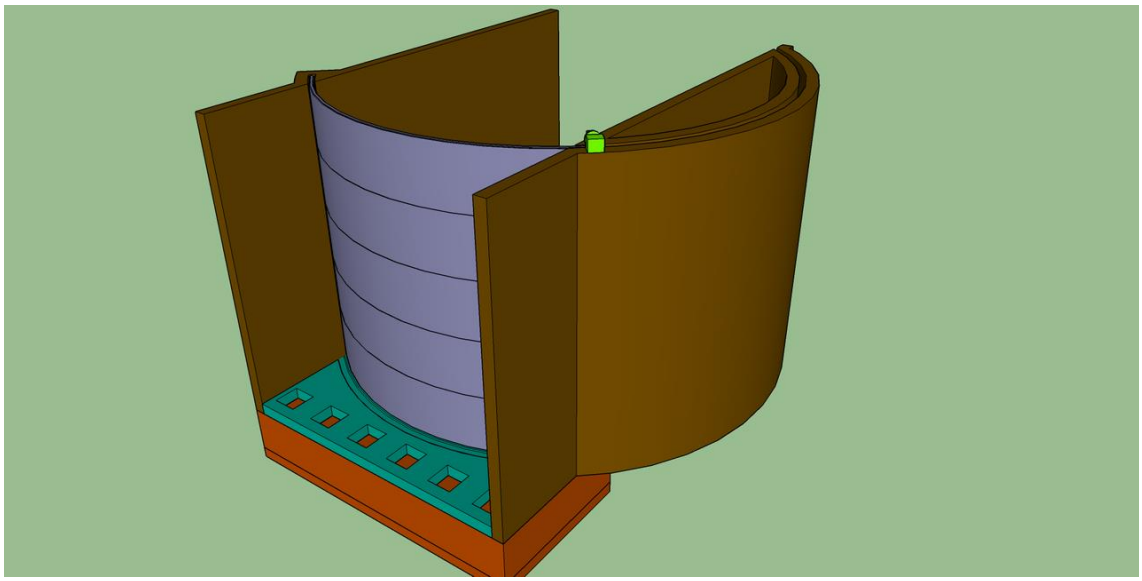
type	hout	beton	staal	kunststof	UHSB
wanddikte	100,0 mm	150,0 mm	12,5 mm	62,5 mm	62,5 mm
Netto Opp	0,126 m²	0,165 m²	0,020 m²	0,086 m²	0,086 m²
CO2 ladder	-2,0 kg CO2/kg	1,0 kg CO2/kg	0,5 kg CO2/kg	5,0 kg CO2/kg	1,5 kg CO2/kg
Euro/m3	1000,0 €/m3	700,0 €/m3	8000,0 €/m3	1500,0 €/m3	1500,0 €/m3
srtgew	410 kg/m3	2400 kg/m3	7800 kg/m3	1400 kg/m3	2400 kg/m3
druk	14 N/mm²	11 N/mm²	89 N/mm²	20 N/mm²	20 N/mm²
druksterkte	26 N/mm²	18 N/mm²	235 N/mm²	40 N/mm²	130 N/mm²
eMod	9000 N/mm²	30000 N/mm²	210000 N/mm²	2000 N/mm²	45000 N/mm²
I netto	2670353756 mm4	2989421759 mm4	569087698 mm4	2097239358 mm4	2097239358 mm4
Fknik/F	0,60	2,25	3,00	0,11	2,37
G	26 kg	199 kg	77 kg	60 kg	104 kg
K	63 €	58 €	79 €	65 €	65 €
CO2	-52 kgCO2	199 kgCO2	38 kgCO2	302 kgCO2	156 kgCO2

- Het bedrijf Chartasoft heeft een voorstel gemaakt voor een integratie van effectmodellen Daarnaast is een BIVAS editor gemaakt met de lijst met MultiwaterWerken:



- TU-Delft heeft de huidige ontwerppraktijk van een sluis geschematiseerd:
  - Stroomdiagram en parameters ontwerp sluiskolk(en)
  - Stroomdiagram en parameters ontwerp vul-/ledigsysteem
  - Stroomdiagram en parameters ontwerp sluisdeur(en)
  - Stroomdiagram en parameters ontwerp sluishoofd(en)

  Verder ontwikkelde Sebastiaan van Rossum als afstudeeropdracht een innovatief concept voor een gekromde sluisdeur. Onderstaande tekening laat het concept zien.



Concept voor een gekromde sluisdeur, in het kader van een afstudeeropdracht ontwikkeld door Sebastiaan van Rossum.

5. Slotwoord

Alle deelnemers aan het cocreatie project deelden hun bijdrage in dropbox.
Total Active Media maakte van alle resultaten een eindrapport en faciliteerde het cocreatieproces met de TU Delft, RWS en de marktpartijen.
Op deze wijze is een aanzet gegeven tot een uniek parametrisch model voor een multiwaterwerk. Dit model dient nog vervolmaakt te worden. Daarnaast dient de lijst met potentiële multiwaterwerken aangepast te worden op de websites.

