

*Merkwaardigheden in begrotingen tasten betrouwbaarheid aan?*

# Opus caementicum\*

*Willem Meijer*

**Begrotingen op MAMO-niveau blijken vaak niet consistent.**

**De samenstellers vertrouwen op de wet van de grote getallen.**

**maar dat neemt niet weg dat de betrouwbaarheid in het geding is.**

## **Merkwaardige zaken**

Beroepshalve moet ik regelmatig directiebegrotingen beoordelen. Deze begrotingen op regelniveau (materiaal-arbeid-materieel-ondernaemer(s) – MAMO), suggereren een diepgaande relatie tussen de getallen en het te realiseren gebouw: ze worden immers samengesteld op basis van gedetailleerde tekeningen en beschrijvingen. Ik kom echter regelmatig nogal merkwaardige zaken tegen die doen vermoeden dat ‘pasgesneden op het gebouw’ alleen betrekking heeft op de berekende hoeveelheden (althans dat mag ik hopen) en maar af en toe ook op ‘wat daadwerkelijk gemaakt moet worden, hoe, waar en hoeveel’. Een illustratief voorbeeld is een eenvoudige funderingsbalk die in het werk gestalte krijgt. Voor een begroting zijn uit een aantal andere begrotingen en aanbiedingen arbeidsnormen gehaald en is nagegaan of er relaties bestaan met:

1. de zwaarte van de balken (breedte en hoogte)
2. de hoeveelheid balken
3. de productie per dag (bijvoorbeeld strekkende meter kist)
4. de uitgestrektheid van het balkenraster
5. de kenmerken van het gebouw (laagbouw of hoogbouw).

Matrix 1 (zie blz. 14) geeft hiervan een overzicht en roept de vraag op of kanttekeningen nodig zijn en zo ja, waarop zijn die dan gebaseerd. Eerst de bekisting. Hierbij gaat het toch echt om een productieproces: het maken van bijvoorbeeld de schotten, het stellen en stabiel maken op locatie en - na betonstorten – het verwijderen van de hulpconstructies en schotten en het eventueel schoonmaken en hergebruiken daarvan. Dit is weergegeven in matrix 2.

Deze waarden kunnen heel eenvoudig in de achtergrond van een begroting een referentie bieden aan de samensteller van de begroting. De vraag is echter welk gereedschap het beste resultaat geeft. De volgende overwegingen mogen de oplossingsrichting aangeven. Er is altijd sprake van beginvoorwaarden. Als iemand een latje nodig heeft en dit bij de bouwsuper gaat kopen, dan zijn de kosten van de auto (de tijd even buiten beschouwing latend) de beginvoorwaarden. Of nu sprake is van een latje of een (zware) balk maakt niet uit. De balk behoort tot het domein van het vervolgtraject. Dat kan er ook knap complex uitzien. Moet er een helpende hand mee omdat het te vervoeren stuk hout voor één werknemer te veel is?

*Willem Meijer,  
onder meer verantwoordelijk voor de  
wiskundige kostenmodellering binnen  
de PARAP-groep,  
ondergebracht bij  
het Center for People  
and Buildings.*

Een timmerman is in staat om een schot, hoogte 50 cm, onder de arm te nemen. Het gewicht van zo'n strook underlayment is 9 kg, dat mag dus van de ARBO. Maar moet hij er mee naar buiten bij windkracht 5, dan zal toch de hulp van een collega nodig zijn. Gesteld kan dus worden dat de tijd die nodig is voor het op locatie brengen van een schot met een hoogte tot 50 cm, gelijk blijft onder wisselende omstandigheden. Het hanteren van grotere platen vereist eigenlijk de samenwerking van twee mensen teneinde continu efficiënt te produceren. Stel dat om de haverklap een voorkomende collega een hand moet toesteken bij het dragen...

### **Verscholen eigenschappen**

Dan de vormfactoren. Een kist is een deel van de omsluiting van een ruimtelijk lichaam, in het onderhavige geval een betonbalk. Dit gegeven is zeer belangrijk omdat er sprake is van verscholen eigenschappen. Een eenvoudig voorbeeld. Algemeen is bekend dat de omsluiting van een lichaam disproportioneel afneemt naarmate dat lichaam meer volume heeft. Neem een kubus (zie matrix 3). De uitkomst,  $6 \times V^{0,6666}$ , laat zich karakteriseren als een conversie naar regressie. In de macht zit een (constante) beginvoorwaarde én een vervolgetraject. Het ligt dus voor de hand om de vorm van een wiskundige betrekking, die refereert aan de omkaderde reeks van matrix 2, te schrijven als vormfactor in een log-raster en op te nemen als referentie in de achtergrond van een begroting (zie matrix 4). Vergelijk de uitkomsten in matrix 5 maar let op: hierbij komt het tijdverlies veroorzaakt door de uitgestrektheid van een funderingsraster, en moeten leeren repetitiefactoren, tijdwinst door veel meters in gelijke balkafmeting er nog van worden afgetrokken.

Het is ook van belang om in de achtergrond van een begroting als referentie  $\mu/m^3$  te storten funderingsbalk =  
 $(0,35 - 0,23 \times h^{-0,3}) + (-0,08 + 0,17 \times h^{-0,5}) \times b^{-1}$   
 op te nemen.

Uit processtudies komen de producties, gerelateerd aan balkafmetingen, zoals weergegeven in matrix 6. Hieruit laat zich matrix 7 samenstellen,  $\mu/m^3$  gestort beton, exclusief stortvoorbereiding en nazorg.

### **Betrouwbaarheid in het geding**

In regelmatig ter inzage verkregen begrotingen op MAMO-niveau is nauwelijks of geen sprake van consistentie van de items die in dit artikel zijn aangehaald. Uit gesprekken komt vervolgens naar voren dat 'het allemaal niet zoveel uitmaakt omdat ervaring leert dat de wet van de grote getallen ervoor zorgt dat de werkelijkheid goed is benaderd'. Dat neemt niet weg dat de betrouwbaarheid in het geding is, vooral wanneer uit de begrotingen niet klip en klaar blijkt dat de bouw- of werkvolgorde of projectgebonden productietijd als uitgangspunt dient. Ook de bestekvolgorde kan doen twijfelen aan de betrouwbaarheid. Als bovendien alternatieven gewenst zijn, is het onmogelijk om met de opgevoerde gegevens betrouwbaar te rekenen.

De veelgehoorde klachten van degenen die begrotingen maken is dat geen tijd wordt vrijgemaakt voor studie, de tijdsdruk groot is en daarom een evenwicht wordt gezocht tussen 'het betrouwbaarste resultaat en de beschikbare tijd'. Er wordt gedoeld op de terreur van de onvolledige database, waarin ontbrekende gegevens niet worden aangevuld. Ook het niet of nauwelijks bezoeken van de bouw is een gemis. Als bovendien de werkgever voldoende werk binnenhaalt, is er in diens ogen niets aan de hand met de kennis en werkwijze van de begroter. Tja, dat zou ook het resultaat kunnen zijn van het kijken naar en overnemen van feiten en cijfers door iedere kosten-betrokkene, zowel calculator als kostendeskundige. Er komt dan – aan het eind van project – hetzelfde uit.

*\* Zo noemden de Romeinen het werken met beton.*

	hoogte m	lengte m	BBO m <sup>2</sup>	mu/m <sup>2</sup>	mu/m	€/m <sup>2</sup>	storten van beton mu/m <sup>3</sup>
<b>Uit een begroting van een adviesbureau</b>							
maken, stellen en ontkisten		230	3.000	0,60			0,60
<b>Uit een begroting van een adviesbureau</b>							
maken, stellen en ontkisten	0,40	45	260	0,60			0,60
<b>Uit een begroting van een adviesbureau</b>							
maken, stellen en ontkisten	0,40	48	250	0,60			0,60
<b>Uit de begroting van een bouwbedrijf</b>							
idem, uiteenlopende balkzwaarten	=< 0,60	345	800	0,75			0,80
<b>Uit de begroting van een bouwbedrijf</b>							
idem, uiteenlopende balkzwaarten	=< 0,80	480	5.000			75,00	0,70
<b>Uit de begroting van een bouwbedrijf</b>							
maken, stellen en ontkisten	0,18		1.800		0,15		0,60
	0,21				0,20		0,60
	0,37				0,25		0,60
<b>Onderaannemer, gespecialiseerd in bekistingen</b>							
stellen, verwijderen en omzetten van:							
funderingsbalken h =< 0,25 m					0,34		
funderingsbalken h => 0,25 m					1,22		

*Matrix 1.*

Overzicht ten behoeve van bekisten van funderingsbalken van arbeidsnormen en relaties met gewicht, hoeveelheid, productie, uitgestrektheid en type gebouw.

<b>Eerst het maken van de bekisting, bijvoorbeeld uit underlayment, plaatafmeting 1250 x 2500 mm</b>							
bekistinggrootte (= balkhoogte)	m <sup>2</sup>	0,40	0,60	0,80	1,25	1,75	2,25
productie/dag/ 2 mensen	m <sup>2</sup>	20	31	34	40	41	42
	m	125	130	107	80	59	47
kisthoogte	m	0,32	0,48	0,64	1,00	1,40	1,60
maken in de loods	mu/m	0,10	0,10	0,12	0,16	0,22	0,28
<b>Ten tweede, stellen per paar</b>							
kisthoogte	m	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,40
productie/dag/ 2 mensen	m	30	30	30	20	20	20
	mu/m	0,43	0,43	0,43	0,65	0,65	0,65
<b>Ten derde, demonteren en schoonmaken</b>							
bekistinggrootte	m <sup>2</sup>	0,40	0,60	0,80	1,25	1,75	2,25
productie/dag/ 2 mensen	m <sup>2</sup>	30	45	51	60	65	70
	m	188	188	160	120	93	78
kisthoogte	m	0,32	0,48	0,64	1,00	1,40	1,60
verwijderen	mu/m	0,07	0,07	0,08	0,11	0,14	0,17
<b>Tot slot sommeren</b>							
kisthoogte	m	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,40
totaal maken, stellen en demonteren	mu/m	0,78	0,80	0,82	1,10	1,18	1,39

*Matrix 2.*

Het bekistingsproces.

Let op dat de reeksen van 0,40 t/m 2,25 resp. 1,40 m.b.v. trendsetting in elkaar geschoven zijn.

Inhoud V	$m^3$	$a^3$				
Eén vlak	$m^2$	$V^{(2/3)}$				
$A_0 = 6$ vlakken	$m^2$	$6 \times V^{0,6666}$				
<b>Conversie naar regressie:</b>						
$6 \times V^{0,6666}$	geometrisch					
$10^{\log 6 \times (10^{\log V})^{0,6666}}$						
$10^{(\log 6 + 0,6666 \times \log V)}$						
$A_0 = 10^{(0,778 + 0,666 \times \log V)}$	regressief					
<b>Proef op de som:</b>						
Volume	100	200	300	400	500	600
$A_0$ geometrisch	129,3	205,2	268,9	325,7	378,0	426,8
$A_0$ regressief	129,3	205,2	268,9	325,7	378,0	426,8

Matrix 3.

Disproportionele afname omsluitingen van toenemende volumes.

$\mu/m = 10^{(0,0686 + 0,514 \times \log h)}$	h in m
of geometrisch:	
$\mu/m = 1,17 \times h^{0,5}$	h in m

Matrix 4.

Vorm van een wiskundige betrekking geschreven als vormfactor in een log-raster.

Kisthoogte	m	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,40
Uit matrix 2:	$\mu/m$	0,78	0,80	0,82	1,10	1,18	1,39
Referentie ('tooltje')	$\mu/m$	0,74	0,83	0,91	1,05	1,17	1,38

Matrix 5.

Vergelijking van de uitkomsten.

Breedte van de balken	m	0,30	0,40	0,60
Hoogte van de balken	m	0,50	0,50	0,70
	$m^3/m$ balk	0,15	0,20	0,42
Productie	$m^3/dag$	32	40	63
Aantal mensen		3	3	3
	$\mu$ per dag (netto)	19,5	19,5	19,5
Productie	m/dag	213	200	150
	$\mu/m^3$	0,61	0,49	0,31
	$\mu/m$	0,27	0,29	0,39

Matrix 6.

Producties, gerelateerd aan balkafmetingen.

						<b>breedte in m</b>
<b>y-as = hoogte in m</b>	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
0,30	0,78	0,60	0,49	0,41	0,35	0,31
0,40	0,68	0,54	0,44	0,38	0,32	0,29
0,50	0,61	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28
0,60	0,55	0,45	0,38	0,33	0,29	0,26
0,70	0,50	0,41	0,35	0,31	0,28	0,25
0,80	0,46	0,39	0,33	0,29	0,26	0,24
					meanmatrix	0,40

Matrix 7.

$\mu/m^3$  gestort beton, exclusief stortvoorbereiding en nazorg.