

PARAP als neuraal netwerk?

Wietze van Houten, Wim Pullen [1]

Op 5 juni ontvingen wij nummer 2/2008 van *Bouwkostenkunde & Huisvestingseconomie*.

Onafhankelijk van elkaar viel ons oog op het artikel van Roosen over neurale netwerken.

We vonden dat Diagram 1 veel lijkt op de structuur van PARAP, een levensduurkostenmodel voor rekenen en redeneren.

Wellicht zijn er situaties waarin de twee ontwikkelingen elkaar versterken.

Dit artikel is bedoeld als een eerste verkenning.

Neurale netwerken – zo begrijpen wij uit het artikel van Roosen – hebben twee belangrijke eigenschappen:

- de tussen input en output liggende neuronen en hun relaties zijn en blijven impliciet; het zijn geen mathematische of statistisch expliciete functies;
- een neuraal netwerk heeft zelflerend vermogen.

Onder het ‘zelflerend vermogen’ verstaat Roosen de eigenschap van het programma om te leren tijdens het gebruik. Het programma constateert dat bij een bepaalde combinatie van invoer één of meerdere resultaten steeds dezelfde uitkomst geven. Wanneer een zelfde situatie zich daarna weer voordoet maakt het programma gebruik van deze kennis en voert het de bijbehorende berekening niet meer uit. “Net als in onze hersenen worden de verbindingen tussen de bolletjes in de verborgen laag (zie figuur 1, blz 10) aangebracht tijdens het gebruik en naar gelang de verbindingen meer gebruikt worden verloopt deze stroom gemakkelijker en sneller”.

De omschreven aanpak is uitnodigend maar lijkt ons wel erg ambitieus. Het uitnodigende is er in gelegen om op de grens van expliciet en impliciet leren te werken en te onderzoeken of neurale netwerken een zinvolle aanvulling kunnen worden voor ‘expert based knowledge’. Het ambitieuze hangt samen met de behoefte aan data die Roosen aan het einde van het artikel memoreert: er zijn naar onze mening nooit genoeg gegevens om door iteraties het lerend vermogen van een softwareinstrument te ontwikkelen dat in de vroege fasen van besluitvorming in staat is eenduidige en betrouwbare voorspellingen te doen. In het PARAP-Levensduurkostenmodel (in het

vervolg van dit artikel afgekort tot PARAP) zijn de verbindingen van de neuronen (variabelen) door de ontwikkelaars vorm gegeven en vastgesteld. Er wordt geen gebruik gemaakt van het ‘zelflerend vermogen’. PARAP is geen neuraal netwerk, maar een geavanceerd rekentool, ontwikkeld op basis van expert knowledge. Een neuraal netwerk en het PARAP-model lijken erg op elkaar. Het eerste diagram van Roosen (figuur1) wordt op het eerste gezicht ook door het PARAP-team [2] toegepast.

Dat roept de vraag op of PARAP en soortgelijke modellen en neurale netwerken elkaar wellicht in hun ontwikkeling zouden kunnen versterken. Het zou prachtig zijn als aan PARAP een leercomponent toegevoegd zou kunnen worden. En ontwikkelaars van neurale netwerken zitten, lijkt ons, dringend verlegen om datasets.

In het vervolg van dit artikel geven we een uiteenzetting van PARAP. We willen de lezer hiermee informeren over dit geavanceerde rekeninstrument, en we hopen dat het de lezer duidelijk wordt dat er interessante parallellen zijn te trekken met de ontwikkeling van neurale netwerken.

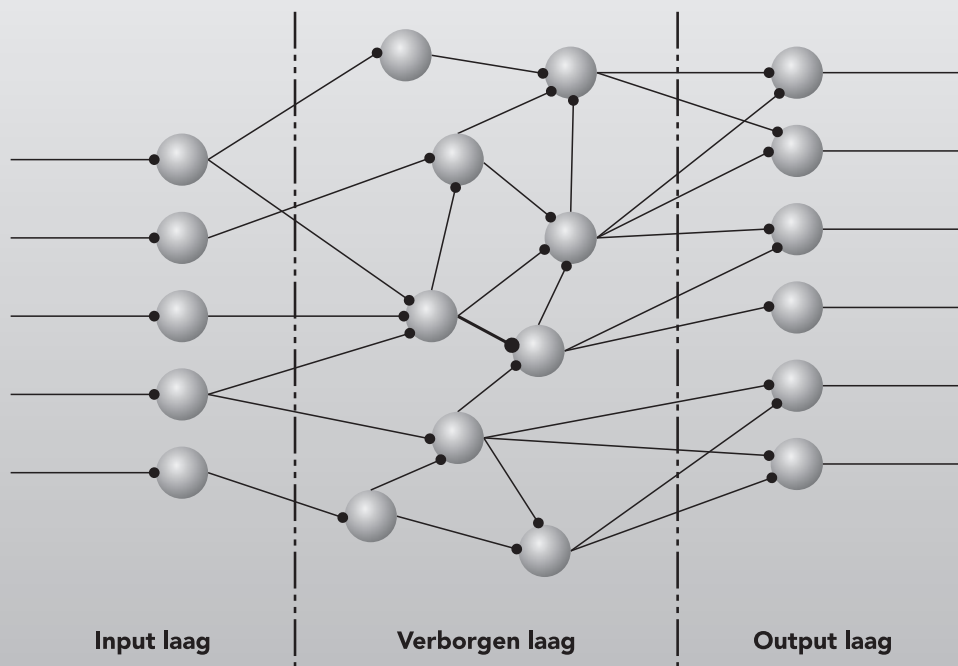
De stichting kenniscentrum Center for People and Buildings (CfPB) richt zich op de relatie tussen mens, werk en werkomgeving. Doel is het bevorderen van onderzoek, productontwikkeling en kennisoverdracht op dit gebied. Het CfPB doet dit voor en met overheden en bedrijven. Werkvelden: trendanalyse, mens- en organisatiegericht huisvesten, effecten van (innovatieve) kantoorhuisvesting, besluitvorming, implementatie, instrumentontwikkeling en opbouw van databases. Zie: www.cfpb.nl



ir W.R. Pullen *),
Center for People
and Buildings, Delft



W. van Houten,
PARAP
ontwikkelteam



1. Diagram van een eenvoudig neurale netwerk

Historie en doelen van het PARAP-team

In 1983 kreeg de Technische Universiteit Delft (TUD) opdracht van de Rijksgebouwendienst (Rgd) om de samenhang tussen kosten en kwaliteit bij scholen te onderzoeken. Hierbij moest ook de invloed van het programma van eisen (formulering van de kwaliteit) op de kosten worden onderzocht. Om dit op een consequente manier te doen werd een computerprogramma ontwikkeld waarin de relaties werden vastgelegd tussen ligging van de vertrekken (aan de gevel of inpandig), de verschillende vertrekken met hun oppervlaktes, hun functie en de daarmee gepaard gaande eisen voor afwerking, verlichting en klimaat, en de invloed hiervan op de kosten. Met dit programma zijn 15 scholen onderzocht op kwaliteit en gebouwgebonden investerings- en exploitatiekosten. Een deel van de onderzoeksgroep mocht de ontwikkelde technieken verder uitwerken binnen de Rgd. De toepassing werd verlegd van scholen naar kantoren. Hierdoor ontstond een intensieve samenwerking tussen de Rgd en de TUD, waarbinnen het 'Levensduurkostenmodel' is ontwikkeld.

Al snel bleek dat meerdere partijen een soortgelijke ambitie hadden. Er is toen besloten de krachten te bundelen. Dat leidde begin jaren negentig tot het PARAP-team, een samenwerkingsverband van de Rijksgebouwendienst, TU Delft, TNO-Bouw, Deerns Raadgevende Ingenieurs B.V., KD/Consultants B.V. en Willem Meijer Consultancy.

In 2006 heeft de werkgroep een instrument opgeleverd dat inzicht geeft in de investeringskosten van kantoorhuisvesting. Dit instrument is in 2008 met exploitatiekosten uitgebreid tot het PARAP-levensduurkostenmodel. Een uitgebreide handleiding over PARAP is beschikbaar als hulp bij case study-onderzoek. Sinds 2006 is de ontwikkeling van het onderzoek van het PARAP-team ondergebracht bij het Delftse kenniscentrum Center for People and Buildings (CfPB).

Uitgangspunt van het PARAP-team is om software te ontwikkelen die de gebruiker in staat stelt om zijn redeneringen voor een te realiseren of te exploiteren gebouw te ordenen. Redeneringen en aannames blijven vaak impliciet en het besluitvormingsproces mist daardoor een reflectieve laag. Bij kostenramingen in de vroege fasen moet het niet alleen gaan over de uitkomsten onder de streep. Indicaties van investerings- en exploitatiekosten moeten zowel voor de eigenaar, de gebruiker als de bouwkosteskundige betekenisvolle bespreking mogelijk maken.

Werking van het PARAP-model

PARAP staat voor paraplu. De metafoer van een paraplu is gekozen omdat PARAP diverse kennisgebieden bijeenbrengt en integreert. De filosofie van het PARAP-team behelst expliciete samenhang en consistentie bij besluiten die in de vroege procesfasen genomen worden. Hier merken we op dat PARAP inderdaad geen neu-

raal netwerk is. Afwegingen tussen kosten en kwaliteit doet men met PARAP op basis van kostenramingen die gemaakt zijn met begrotingen van referentiegebouwen. De modellering in PARAP is zo uitbreidbaar, flexibel en transparant mogelijk gehouden. Er is gekozen voor een opbouw met aparte rekenmodules in de vorm van Excel-werkboeken die vervolgens met elkaar communiceren (zie figuur 2).

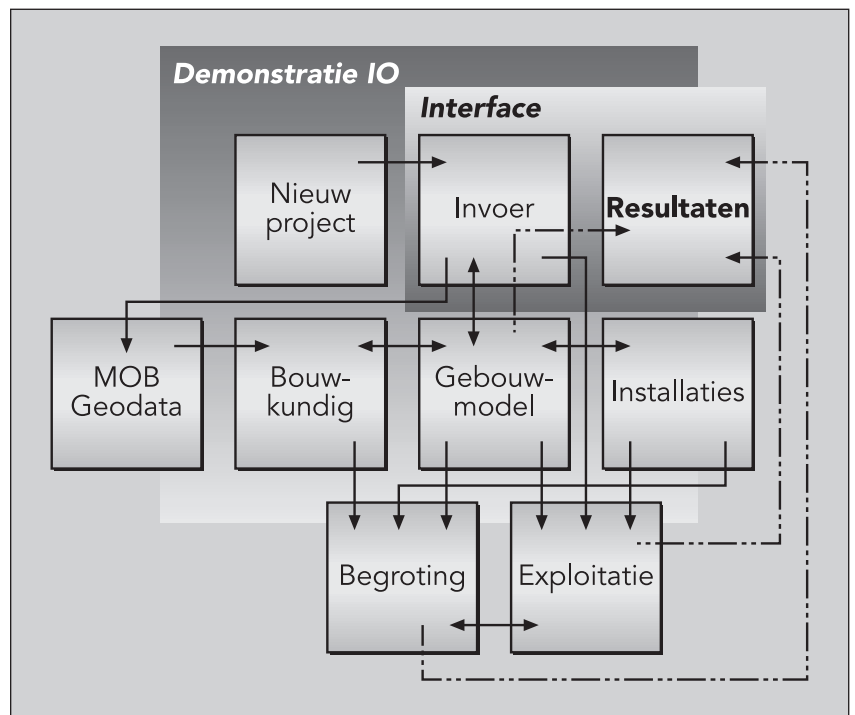
Het PARAP-model genereert een referentiegebouw, dat zo goed mogelijk aansluit op de organisatie-, gebouw- en locatiekenmerken die de gebruiker invoert. Als input dienen de formatie, type locatie en postcode, type gebouw en aantal bouwlagen. Op basis daarvan genereert het programma een ruimtelijk programma van eisen met alle functies, van kantoor tot bibliotheek, met bijbehorend oppervlaktes, aantallen kamers, afmetingen en materiaalkeuze, die aangepast kunnen worden door de gebruiker. Van het referentiegebouw raamt PARAP op elementenniveau de investerings- en exploitatiekosten, rekening houdend met voor de betreffende materialen benodigde onderhoudsschema's. De terminologie is voor dit rekenmodel afgestemd op de Rgd. Daarom gebruiken we hier het begrip 'gebruikskosten' [3] in plaats van exploitatiekosten. Door variabelen te wijzigen kan men varianten creëren en deze met elkaar vergelijken. Op deze wijze ondersteunt, ontwikkelt en agendeert PARAP op een systematische en transparante manier de dialoog tussen de betrokken partijen.

Het rekenmodel genereert een doosvormig gebouw (of varianten daarop). Een dergelijk gebouw in omvang en hoogte kan men zich voorstellen. Daarnaast toont het model alle gemaakte aannamen. Deze kan men overschrijven. Deskundigen kunnen in de werkboeken de gehanteerde rekenmethoden nagaan en bij voortschrijdend inzicht aanpassen.

Ondersteunen en beslissen op basis van varianten

Voor het onderbouwen van beslissingen is het van groot belang dat kosten en kwaliteit van varianten onderling vergelijkbaar zijn. Keuzes in de vroege fasen kunnen betrekking hebben op:

- de keuze voor het soort huisvesting en de daarmee samenhangende effecten, zoals werkplekdelen, ICT-toepassingen, de verhouding tussen werkplekken, ondersteunende



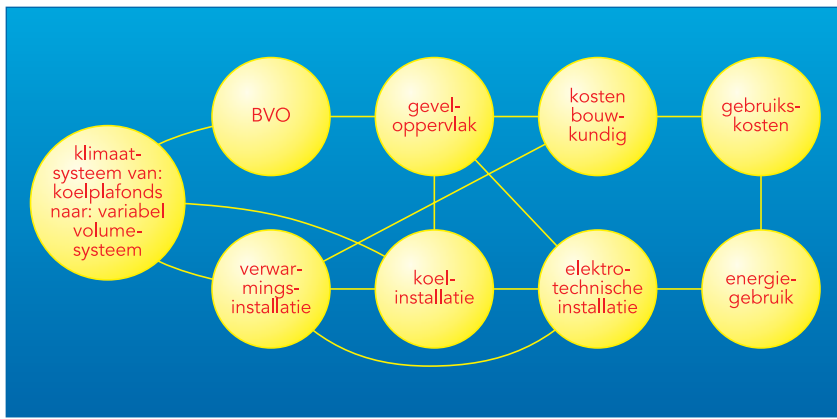
2. PARAP-model

ruimten, vergaderkamers en restauratieve voorzieningen;

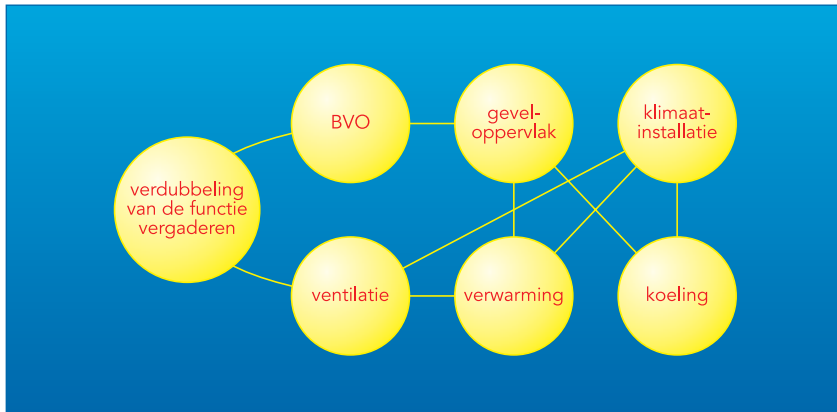
- comfort, flexibiliteit en regeling van installaties, materiaalkeuze voor afwerkingen en gevels;
- gebouwaspecten zoals zonering, dimensionering van corridors en hallen, stapeling, aantal stijpunten, vrije hoogten en vloerbelasting;
- locaties met verschillende parkeereisen, bouwhoogten, bodemgesteldheid, grondkosten; het apart of samen huisvesten van meerdere organisaties in één gebouw;
- beheervorm van de eigenaar die voor eigen gebruik bouwt tot de belegger die het gebouw verhuurt, inclusief ICT-voorzieningen en inrichting;
- het invoeren van scenario's met betrekking tot rente, inflatie en prijsstijging energie;
- het aftasten van strategieën waarbij betrokken zijn BAR, exploitatie- en beschouwingperiodes.

Agenderen: sturing tijdens het proces

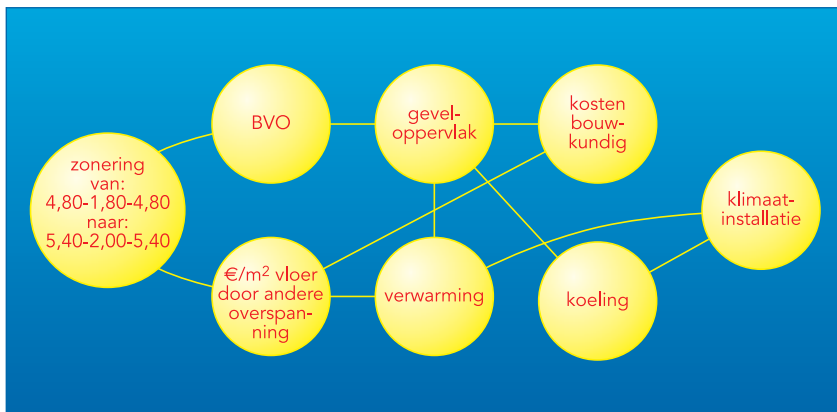
Het ontwikkelen van een gebouw is een proces met verschillende fasen en veel betrokken actoren. De besluitvorming moet in elke fase goed worden vastgelegd zodat bij verdere uitwerking van programma en ontwerp duidelijk is van welk gebouw men uit gaat, wat de basiskwaliteit is en wat daarvoor gebudgetteerd is. Voor elke fase van het proces is met PARAP een concreet gematerialiseerd referentiegebouw vast te stellen, met de daarbij behorende investeringskosten en gebouwgerelateerde exploitatiekosten (o.a. onderhoud en energiegebruik). Dat gebeurt



3a. PARAP-variant: klimaatsysteem van koelplafonds naar variabel volumesysteem



3b. PARAP-variant: verdubbeling van de functie vergaderen



3c. PARAP-variant: zonering van 4,80-1,80-4,80 naar 5,40-2,00-5,40

aan de hand van een elementenbegroting van het referentiegebouw. De gevolgen van de uitwerking in de volgende fase ten opzichte van eerder genomen beslissingen komen helder in beeld en ondersteunen de besluitvorming.

PARAP-aanpak in het licht van het schema van Roosen

In het schema van Roosen dragen de bolletjes in de verborgen laag geen namen. Dat is binnen een neurale netwerk terecht omdat het hier verborgen, impliciete variabelen representeren. Bovendien weet je nooit hoeveel variabelen een rol spelen. Tijdens het leerproces kunnen extra

variabelen aan het licht komen. Omdat PARAP juist met expliciete relaties werkt zullen we hier aan de hand van drie schema's een toelichting geven op hoe PARAP op basis van de input, via de 'verborgen laag' tot de output komt. Als voorbeeld zijn na de basisuitgangspunten van PARAP drie varianten uitgewerkt. In de figuren 3a, 3b en 3c is aangegeven waar de variatie invloed uitoefent. Om het geheel overzichtelijk te houden zijn niet alle invloedslijnen aangegeven. In de resultaten, getoond in de tabellen 2 t/m 10 (zie blz 16-18), zijn de consequenties te zien die door de verborgen relaties worden veroorzaakt. Na het omschrijven van de basisinput zal er op de volgende onderdelen worden gevarieerd:

- de keuze uit kwaliteitsaspecten, in dit geval thermisch comfort als gevolg van de gekozen installatietype (variant 2).
- de verhouding tussen werkplekken en ondersteunende ruimten waarvan alleen de vergaderkamers variëren (variant 3).
- de keuze voor gebouwaspecten, zoals de dimensionering van gevelzonering en corridors (variant 4).

Als uitgangssituatie (variant 1) nemen we een gebouw voor 500 fulltime eenheden (fte) in 6 bouwlagen zonder parkeerkelder. Om meer inzicht te krijgen in de financiële consequenties van de drie varianten ten opzichte van het uitgangssituatie worden deze eerst afgezet tegen de standaardaannames van PARAP om vervolgens op voorgenoemde aspecten te variëren. Vervolgens worden de belangrijkste wijzigingen in de kosten als gevolg van de variaties besproken. In tabel 1 is onder nummer 1 de input van het uitgangspunt weergegeven en onder de nummers 2, 3 en 4 de input van de varianten en de veranderingen die als gevolg hiervan optreden op verschillende groottes van het gebouw.

De figuren 4a, 4b en 4c (blz. 14) tonen de resultaten van de berekeningen van de opeenvolgende varianten.

PARAP en neurale software

Met deze voorbeelden wordt duidelijk gemaakt dat het vrij eenvoudig is om met dit rekenmodel alternatieven naast elkaar te zetten. De invloed van de keuzes op zowel de investeringskosten als de exploitatiekosten wordt duidelijk zichtbaar. De hoeveelheden veranderen als gevolg van één wijziging in de input. Dat maakt duidelijk

dat vele verbindingen hun invloed uitoefenen op de uitkomst. Deze verbindingen zijn - in tegenstelling tot een 'neuraal netwerk' - als gedefiniëerde verbindingen aangebracht door een architect, bouwkundige, constructeur en installatiedeskundige. Hun kennis over samenhang en hun ervaringen met kosten binnen hun vakgebied hebben, na lange jaren van gezamenlijk overleg waarin modelleren, evalueren en testen elkaar opvolgden, geleid tot een model met expliciete relaties tussen organisatie- en gebouwvariabelen en de investerings- en exploitatiekosten. Het is niet de bedoeling om met dit rekenmodel het goedkoopste alternatief te zoeken maar wel om de invloed van de alternatieven op de kosten direct zichtbaar te maken zodat onaangename verrassingen achterwege blijven.

De door Roosen geschetste aanpak zou ons kunnen leren of de enorme hoeveelheid, maar altijd nog beperkte kennis en ervaring in PARAP uitgebreid moet worden met nu nog verborgen variabelen.

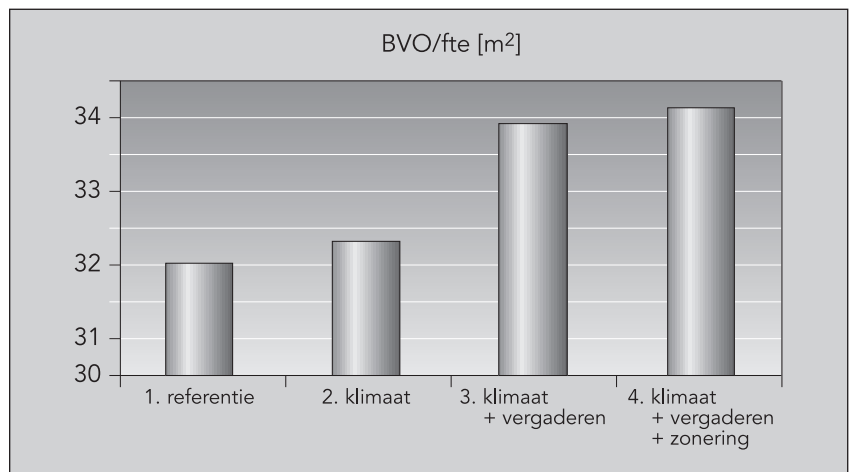
Tot slot

Onze vraag aan Roosen is – gelet op zijn uitspraak dat er een geweldige behoefte is aan data – hoeveel datasets van inputs en outputs hij denkt nodig te hebben voor de ontwikkeling van een adequaat werkend neuraal netwerkmodel? Ook zouden wij graag willen weten voor welke archetypen van gebouwen het model geschikt is of zou moeten zijn en welke keuzes Roosen daarin wil maken. Met PARAP kunnen datasets aangeleverd worden. De door Roosen geschetste methode voor het iteratief ontwikkelen van inzichten kan een testprocedure zijn voor PARAP: zijn de juiste en meest belangrijke verbanden gelegd? Er moet wel voor gewaakt worden dat er niet uit komt wat je er in stopt, namelijk de expliciete relaties die in PARAP mathematisch zijn gemodelleerd.

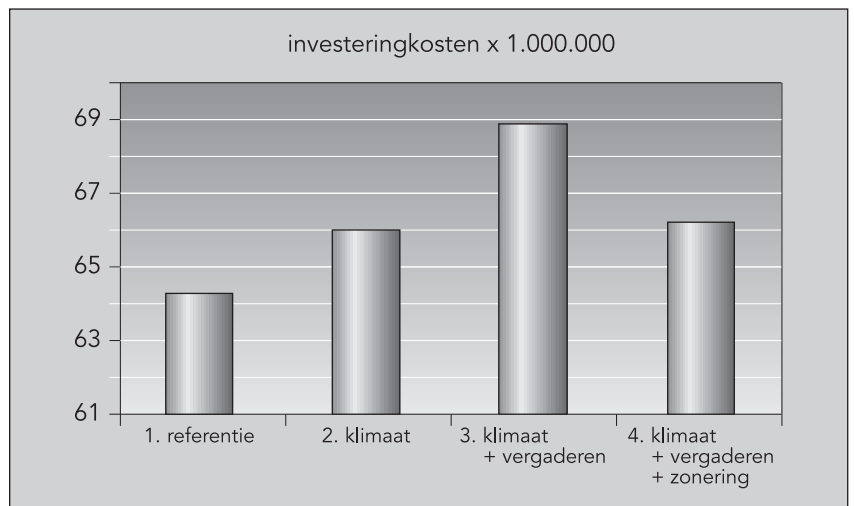
De auteurs danken Sjoerd Bijleveld, Pieter le Roux en Marc d'Ancona voor hun constructieve bijdragen.

Noten

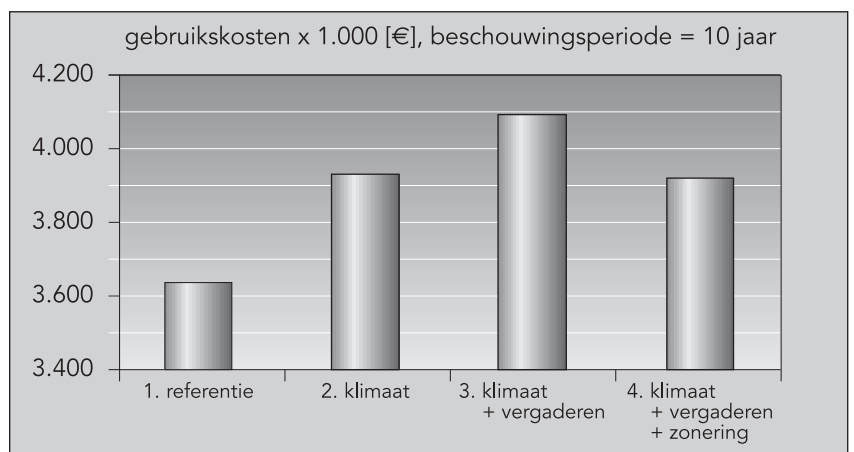
1. De auteurs zijn betrokken bij de ontwikkeling van PARAP. Wietze van Houten is lid van het PARAP-ontwikkelteam, Wim Pullen is directeur van het Kenniscentrum Center for People and Buildings te Delft.



4a. BVO/fte [m²]



4b. Investeringskosten x 1.000.000 [€]



4c. Gebruikskosten x 1.000 [€], beschouwingsperiode = 10 jaar

- Het PARAP-ontwikkelteam bestaat uit Wietze van Houten, Karel Dekker, Ruud Melis, Kees Gerritse, Willem Meijer en Sjoerd Bijleveld.
- Voor de berekening van de 'gebruikskosten' is uitgegaan van: 4% rente, 1,5% inflatie en een beschouwingsperiode van 10 jaar. In het model kunnen deze variabelen bijgesteld worden.

*)
Corresponderend
auteur:
Wim Pullen,
info@cfpb.nl

Foto:
Marco Hofste

Tabel 1.
De vier varianten.

1. Uitgangspunt voor 500 fte, in 6 bouwlagen, zonering 4,80-1,80-4,80 en zonder parkeerga-rage.
2. De klimaatinstallatie wijzigen van een ventilatiecombinatie met koelplafonds in een variabel volume-systeem.
Hiervoor is meer ventilatie nodig waardoor grotere ventilatiekanalen nodig zijn, met als gevolg een hoger gebouw.
3. Verdubbeling van het oppervlak voor vergaderen met gelijk blijvend aantal vertrekken. Bij deze wijziging is het aantal trap-penhuisen door het model verhoogd van 6 naar 7.
Dit is dit terugge-bracht naar 6 om de kostenverschil-len te elimineren
4. Zonering van 4,80-1,80-4,80 naar 5,40-2,00-5,40 waardoor minder (dure) langsgewel ontstaat en meer (goedkopere) kopgevels ontstaan.

Basisgegevens	
formatie	fte
type ontsluiting	
type gebouw	
aantal bouwlagen	st
kelder aanwezig	
type locatie	
postcode	

Organisatie	
aantal werkplekken	st
vaste werkplekken	st
+	fijninstellingen
-	functioneel nuttige oppervlakte \m ²
	kantoorruimten m ² st
-	ondersteunende ruimten m ² st
	vergaderruimten m ² st
	nuttig oppervlak m ²
+	verkeersoppervlakte m ²
-	fijninstellingen
	vide m ²
	aantal trappenhuizen st
	aantal vluchttrappen st
	ontwerpverlies %
	installatie-stramien m ¹
	gevelzone 1 m ¹
	verkeerszone 1 m ¹
	gevelzone 2 m ¹
	Installatietechnisch
	installatie-oppervlakte m ²
-	fijninstellingen
	gondel t.b.v. glazenwasser j/n
-	klimaatinstallaties
	klimaatstelsel keuze
	bruto vloeroppervlakte m ²

1	2	3	4
500	500	500	500
enkel corridor	enkel corridor	enkel corridor	enkel corridor
hoofd-kantoor	hoofd-kantoor	hoofd-kantoor	hoofd-kantoor
6	6	6	6
nee	nee	nee	nee
A	A	A	A
2645	2645	2645	2645

585	585	585	585
575	575	575	575
8.850	8.850	9.328	9.328
6.265	6.265	6.265	6.265
313	313	313	313
1.930	1.930	2.048	2.048
51	51	51	51
478	478	956	956
20	20	20	20
9.558	9.558	10.074	10.074
3.096	3.095	3.236	3.371
58	58	58	58
6	6	6	6
0	0	1	0
8	8	8	8
1,80	1,80	1,80	1,80
4,80	4,80	4,80	5,40
1,80	1,80	1,80	2,00
4,80	4,80	4,80	5,40
1.696	1.835	1.934	1.934
ja	ja	ja	ja
A1	A2	A2	A2
15.761	15.911	16.714	16.822

Tabel 2.

Variant 1 / variant 2

Van koelplafonds naar variabel volume systeem. Investeringskosten.

1. De installatieoppervlakte neemt toe met 139 m² (8%) door de grotere luchtbehandelingskasten en de grotere luchtkanalen waardoor ook het BVO toeneemt met 9%.
2. De kosten voor de gevel nemen toe met € 331.000 (5%) door toename van de verdiepingshoogte als gevolg van de grotere luchtkanalen.
3. De kosten voor de plafonds nemen toe met € 327.000 omdat in variant 1 de koelplafonds bij de installaties zijn ondergebracht.
4. De totale bouwkundige kosten nemen toe met € 828.000. Corrigeren we deze toename met de kosten voor de koelplafonds (zie 3), incl. de AUK, dan is het verschil € 403.000 (2,3%) ondermeer door verhoging van de binnenwanden en de trappen, zie punt 2. De bouwkundige kosten stijgen dus aanzienlijk minder dan het BVO (2,3% versus 9%)
5. De koudeopwekking en -distributie nemen met € 1.508.000 af (68%) maar daar staat tegenover dat de warmteopwekking verdubbelt (van € 267.000 naar € 446.000).
6. De totale investeringskosten nemen toe met € 1.700.000 (2,65%) voor een installatie met een lager comfort.

Basisgegevens	
formatie	
type ontsluiting	
type gebouw	
aantal bouwlagen	
kelder aanwezig	
type locatie	
postcode	

1	2
500	500
enkel corridor	enkel corridor
hoofdkantoor	hoofdkantoor
6	6
nee	nee
A	A
2645	2645

Investering	
+ grond	
- bouwkundig werk	
+ fundering	
+ skelet	
+ daken	
+ gevel	
+ binnenwanden	
+ vloeren	
+ trappen en hellingen	
+ plafonds	
- AUK	
- installaties	
werktuigbouwkundig	
warmte-opwekking	
afvoeren	
water	
gassen	
koude-opwekking en distributie	
luchtbehandeling	
regeling klimaat en sanitair	
+ elektrotechnisch lift en transport	
+ vaste inrichting	
+ terrein	
+ algemene uitvoeringskosten (AUK)	
+ losse inrichting en bedrijfsinstallaties	
+ bijkomende kosten	
Totaal €	

totaal	totaal
15.760.000	15.910.000
17.622.000	18.450.000
444.000	442.000
2.319.000	2.355.000
221.000	235.000
6.475.000	6.806.000
3.287.000	3.281.000
496.000	496.000
194.000	198.000
117.000	444.000
4.073.000	4.193.000
8.829.000	9.064.000
5.726.000	5.955.000
267.000	446.000
99.000	101.000
186.000	187.000
72.000	73.000
2.205.000	697.000
744.000	756.000
1.6808.000	2.969.000
545.000	726.000
2.469.000	2.475.000
634.000	634.000
748.000	748.000
231.000	231.000
-	-
3.573.000	3.573.000
17.383.000	17.933.000
64.200.000	65.900.000

Tabel 3.

Variant 1 / variant 2

Van koelplafonds naar variabel volumesysteem. Gebruikskosten.

7. De kosten voor gebruik van elektriciteit zijn met € 105.000 (116%) gestegen en de kosten voor het gebruik van gas (brandstof) met € 22.000 (27,5%).
8. Samengevat zijn de investeringskosten toegenomen met 2,65% en de gebruikskosten met € 2.955.000 (8%) en dat terwijl het de bedoeling was om op de installatiekosten te besparen.

Gebruikskosten	
+ vaste kosten	
- energiekosten en water	
electriciteit	
brandstoffen	
stadsverwarming	
overige energiebronnen	
water	
overige gebruikskosten (ICT)	
- onderhoudskosten	
technisch onderhoud bouwkundig	
technisch onderhoud installaties	
mutatie-onderhoud	
schoonmaakonderhoud	
overig: interieur en ICT	
+ administratieve beheerskosten	
+ specifieke bedrijfskosten	
Totaal €	

Totaal gebouwendebonden	Totaal gebouwendebonden
+ 2.800.000	- 2.894.000
158.000	305.000
90.000	195.000
60.000	102.000
-	-
-	-
8.000	8.000
-	-
480.000	534.000
55.000	56.000
96.000	146.000
-	-
329.000	332.000
-	-
-	-
196.000	196.000
3.634.000	3.929.000

Tabel 4.

Variant 2 / variant 3.

Verdubbeling van het oppervlak voor vergaderen. Investeringskosten.

1. De functioneel- nuttige oppervlakte stijgt met 478 m² waardoor het BVO met 803 m² (5%) toeneemt.
2. Omdat de grondkosten gekoppeld zijn aan het BVO nemen deze ook toe met 5%.
3. De totale bouwkundige kosten nemen hier toe met 4,6%. Bouwkundig zijn deze m² kennelijk goedkoper omdat we het aantal vertrekken gelijk gehouden hebben. Overigens is het meestal zo dat de vergroting van het BVO niet gelijk loopt met de verhoging van de kosten.
4. De warmteopwekking en de warmtedistributie stijgen resp. met 2,5% en 3,6% en de luchtbehandeling stijgt met 5%. Deze stijgingen worden veroorzaakt doordat in de vergaderruimten meer geventileerd wordt dan in de kantoren.
5. De totale investeringskosten stijgen met 4,25%.

Investering		totaal	totaal
+	grond	15.910.000	17.710.000
-	bouwkundig werk	18.450.000	19.296.000
+	fundering	442.000	461.000
+	skelet	2.355.000	2.461.000
+	daken	235.000	248.000
+	gevel	6.806.000	7.128.000
+	binnenwanden	3.281.000	3.403.000
+	vloeren	496.000	521.000
+	trappen en hellingen	198.000	271.000
+	plafonds	444.000	467.000
-	AUK	4.193.000	4.336.000
-	installaties	9.064.000	9.399.000
	werktuigbouwkundig	5.955.000	6.194.000
	warmte-opwekking	446.000	457.000
	afvoeren	101.000	105.000
	water	187.000	188.000
	gassen	73.000	74.000
	koude-opwekking en distributie	697.000	719.000
	luchtbehandeling	756.000	783.000
	regeling klimaat en sanitair	2.969.000	3.115.000
+	elektrotechnisch	2.475.000	2.571.000
	lift en transport	634.000	634.000
+	vaste inrichting	748.000	753.000
+	terrein	231.000	234.000
+	algemene uitvoeringskosten (AUK)	-	-
+	losse inrichting en bedrijfsinstallaties	3.573.000	3.573.000
+	bijkomende kosten	17.933.000	18.725.000
	Totaal €	65.900.000	68.700.000

Tabel 5.

Variant 2 / variant 3

Verdubbeling van het oppervlak voor vergaderen. Gebruikskosten.

6. Het elektragebruik stijgt met 4,6% en de kosten voor gasgebruik met 3,4%. Ook hier zien we de gevolgen van een verhoogd elektragebruik als gevolg van de extra koeling in de vergaderruimtes ten opzichte van de overige ruimtes.
7. De kosten voor schoonmaak stijgen ook met 5% omdat vergaderruimtes intensiever gereinigd moeten worden.
8. De totale exploitatiekosten stijgen met 4,1%.

Gebruikskosten		Totaal gebouwgebonden	Totaal gebouwgebonden
		-	-
+	vaste kosten	2.894.000	3.019.000
-	energiekosten en water	305.000	318.000
	electriciteit	195.000	204.000
	brandstoffen	102.000	106.000
	stadsverwarming	-	-
	overige energiebronnen	-	-
	water	8.000	8.000
	overige gebruikskosten (ICT)	-	-
-	onderhoudskosten	534.000	557.000
	technisch onderhoud bouwkundig	56.000	58.000
	technisch onderhoud installaties	146.000	150.000
	mutatie-onderhoud	-	-
	schoonmaakonderhoud	332.000	349.000
	overig: interieur en ICT	-	-
+	administratieve beheerskosten	-	-
+	specifieke bedrijfskosten	196.000	196.000
	Totaal €	3.929.000	4.090.000

Tabel 6.

Variant 3 / variant 4

Grotere vertrekdiepte en bredere gangen. Investeringskosten.

1. De kosten voor de fundering nemen af met € 55.000 (4,6%) omdat de omtrek van het gebouw vermindert met 8,8% (minder balklengte) maar de overspanningen groter worden (duurdere dwarsbalken).
2. De kosten voor de gevel nemen af met € 584.000 (8,2%) door een afname van de langsgewel (duurder door openingen) en een toename van de kopgevels (gesloten gevel).
3. De kosten voor de vloeren nemen toe door een verhoging van de eenheidsprijs met € 8,36 (11,15%) door een grotere overspanning.
4. De totale bouwkundige kosten nemen af met € 765.000 (4%) en de kosten voor de installaties met € 1.007.000 (10,7%). Deze verlaging wordt voornamelijk veroorzaakt door een verkorting van het gebouw, waardoor minder leidinglengte voor transport van lucht en water voor de klimaatinstallatie vereist is.
5. De totale investeringskosten nemen af met € 2.600.000 (3,78%).

Investering		totaal	totaal
+	grond	16.710.000	16.820.000
-	bouwkundig werk	19.296.000	18.531.000
+	fundering	461.000	406.000
+	skelet	2.461.000	2.622.000
+	daken	248.000	236.000
+	gevel	7.128.000	6.544.000
+	binnenwanden	3.403.000	3.303.000
+	vloeren	521.000	525.000
+	trappen en hellingen	271.000	198.000
+	plafonds	467.000	473.000
-	AUK	4.336.000	4.224.000
-	installaties	9.399.000	8.392.000
	werktuigbouwkundig	6.194.000	5.740.000
	warmte-opwekking	457.000	439.000
	afvoeren	105.000	104.000
	water	188.000	188.000
	gassen	74.000	79.000
	koude-opwekking en distributie	719.000	701.000
	luchtbehandeling	783.000	686.000
	regeling klimaat en sanitair	3.115.000	2.819.000
+	elektrotechnisch	753.000	724.000
	lift en transport	2.571.000	2.018.000
+	vaste inrichting	634.000	634.000
+	terrein	753.000	744.000
+	algemene uitvoeringskosten (AUK)	234.000	230.000
+	losse inrichting en bedrijfsinstallaties	-	-
+	bijkomende kosten	3.573.000	3.573.000
	Totaal €	18.725.000	17.853.000
		68.700.000	66.100.000

Tabel 7.

Variant 3 / variant 4

Grotere vertrekdiepte en bredere gangen. Gebruikskosten.

6. Het grootste verschil vinden we hier bij de afname van het gasgebruik met € 7.000 (6,6%).
7. De gebruikskosten nemen af met in het totaal € 170.000 (4,16%).

Gebruikskosten		Totaal gebouwgebonden	Totaal gebouwgebonden
		-	-
+	vaste kosten	3.019.000	2.877.000
-	energiekosten en water	318.000	305.000
	electriciteit	204.000	198.000
	brandstoffen	106.000	99.000
	stadsverwarming	-	-
	overige energiebronnen	-	-
	water	8.000	8.000
	overige gebruikskosten (ICT)	-	-
-	onderhoudskosten	557.000	542.000
	technisch onderhoud bouwkundig	58.000	56.000
	technisch onderhoud installaties	150.000	140.000
	mutatie-onderhoud	-	-
	schoonmaakonderhoud	349.000	346.000
	overig: interieur en ICT	-	-
+	administratieve beheerskosten	-	-
+	specifieke bedrijfskosten	196.000	196.000
	Totaal €	4.090.000	3.920.000