

## Rekenen aan levensduurkosten bij lage discontovoeten

van den Boomen, M.; Bakker, H.L.M.; Hertogh, M.J.C.M.; Treiture, R.

**Publication date**

2021

**Document Version**

Final published version

**Published in**

VIEW on VALUE

**Citation (APA)**

van den Boomen, M., Bakker, H. L. M., Hertogh, M. J. C. M., & Treiture, R. (2021). Rekenen aan levensduurkosten bij lage discontovoeten. *VIEW on VALUE*, 5(11), 20-24.  
<https://onlinetouch.nl/dace/vakblad-dace-view-on-value-number-11-2021?html=true#/20/>

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

***Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository***

***'You share, we take care!' - Taverne project***

**<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>**

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.



Martine van den Boomen



Hans Bakker



Marcel Hertogh



Rob Treiture

# REKENEN AAN LEVENS CYCLUS KOSTEN BIJ LAGE DISCONTOVOETEN

**Auteurs:** Martine van den Boomen, Hans Bakker en Marcel Hertogh zijn allen werkzaam bij de Technische Universiteit Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Rob Treiture werkt bij Rijkswaterstaat. Daarnaast is Martine ook werkzaam bij de Hogeschool Rotterdam, Kenniscentrum Duurzame HavenStad.

In dit artikel stellen we drie rekenmethoden voor om tot een evenredige vergelijking te komen bij lage discontovoeten.

Veel publieke organisaties in Nederland rekenen bij contante waardeberekeningen met een maatschappelijke discontovoet. Het Centraal Plan Bureau heeft in 2019 aan het kabinet gevraagd de maatschappelijke discontovoet die in 2015 voor vier jaar was vastgezet, te actualiseren. Het kabinet heeft hier voor opnieuw een Werkgroep Discontovoet ingesteld. Deze werkgroep bestaat uit vertegenwoordigers van verschillende ministeries, namelijk Financiën, Algemene Zaken, Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Economische Zaken, Infrastructuur en Waterstaat, Onderwijs Cultuur en Wetenschap, Buitenlandse Zaken en Volksgezondheid Welzijn en Sport. Ook het CPB, De Nederlandse Bank (DNB) en Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) nemen als onafhankelijke experts deel aan deze werkgroep. Daarnaast betreft de werkgroep externe expertise waar nodig of gewenst [1]. De Werkgroep Discontovoet heeft in 2020 advies uitgebracht over de hoogte van de discontovoeten voor maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's) [2]. Dit advies is door de minister van Financiën overgenomen [1]. Voor vaste, verzonken kosten die vaak worden toegeschreven aan fysieke infrastructuur, geldt een reële discontovoet van 1,6% (voorheen 3%). De lage discontovoet is een gevolg van de ontwikkeling op de kapitaalmarkten. Het lastige van een lage discontovoet is dat uitgaven en ontvangsten in de verre toekomst relatief zwaar meetellen.

Door de lage discontovoet ontstaat een methodisch probleem bij contante waarde berekening over de gebruikelijke periode van 100 jaar. De huidige of contante waarde van 1 euro over 100 jaar is namelijk:

$$\frac{1}{(1 + 1,6\%)^{100}} = 0,204$$

Dit wil zeggen dat deze euro die pas over 100 jaar wordt ontvangen of uitgegeven, op dit moment nog voor 20% van zijn waarde meetelt. Dat is niet verwaarloosbaar. Het eindigen van kasstromen bij een tijdshorizon van 100 jaar leidt ertoe dat kasstromen die optreden na die periode als verwaarloosbaar worden beschouwd, terwijl ze dat bij lage discontovoeten niet zijn. Het gevolg is dat vergelijkingen tussen varianten op basis van levensduurkosten niet meer helemaal zuiver zijn [3, 4].

In dit artikel stellen we drie rekenmethoden voor om tot een evenredige vergelijking te komen bij lage discontovoeten. De kern van deze drie methoden is het oprekken van de rekenhorizon tot het moment dat deze er niet meer toe doet. De motivatie is dat fysieke infrastructuur haar functionele waarde in veel gevallen over lange tijd zal behouden. Een dijk, een brug, een sluis of een weg houden na hun technische levensduur niet op met bestaan. Ze worden meestal vervangen.

## Alternatief 1: oprekken van de tijdshorizon

Het eerste alternatief is simpelweg het oprekken van de tijdshorizon van 100 jaar naar bijvoorbeeld 300 jaar. Een tijdshorizon van 300 jaar heeft nog maar een afwijking van:

$$\frac{1}{(1 + 1,6\%)^{300}} = 0,0085$$

In andere woorden, een euro die wordt ontvangen of uitgegeven over 300 jaar telt op dit moment nog maar voor 0,85% van zijn waarde mee. Dat gaat meer in de richting van verwaarloosbaar. Echter, het projecteren van kasstromen over een periode van 300 jaar is nogal omslachtig. Er zitten een aantal vervangingen in en de kans op het maken van fouten is groot. Mathematisch kan hetzelfde antwoord worden bereikt op een handigere manier door te rekenen over een oneindige rekenhorizon. 300 jaar benadert immers een oneindige horizon. Dit laten we zien met de volgende twee alternatieven met dezelfde uitkomst maar via een andere rekenmethode.

## Alternatief 2: de EAC-methode

De EAC-methode neemt de levensduur  $N$  van de infrastructuur als referentieperiode. Alle kasstromen worden over de levensduur geprojecteerd en contant gemaakt. Vervolgens wordt deze contante waarde van de levensduurkosten omgerekend naar de equivalente jaarlijkse kosten (EAC) volgens formule (a).

$$EAC = P \cdot \left( \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right) \quad (a)$$

waarbij  $P$  = de contante waarde van de levensduurkosten van de infrastructuur;  $r$  = de reële discontovoet en  $N$  = de levensduur van de infrastructuur.

Samenvattend zijn de stappen als volgt:

1. Projecteer alle kasstromen over de levensduur  $N$ ;
2. Bereken de contante waarde  $P$  (Engels: present value) van de kasstromen over de levensduur;
3. Bereken de EAC van de contant gemaakte levensduurkosten volgens formule (a).

EAC heeft een bijzondere eigenschap. De EAC over de levensduur van een infrastructuur is namelijk gelijk aan de EAC over ieder willekeurige herhaling van deze levenscyclus. De EAC over 1 levenscyclus is dus ook de EAC over een oneindige tijdshorizon. Om die reden kunnen varianten met verschillende levensduren op basis van EAC met elkaar worden vergeleken want ze hebben impliciet dezelfde rekenhorizon (oneindig). De EAC-methode kan zonder problemen met lage discontovoeten omgaan.

## Alternatief 3: De P-over-oneindig-methode (P $\infty$ )

Ook alternatief 3 kan varianten met verschillende levensduren

vergelijken en heeft geen moeite met lage discontovoeten. Alternatief 3 berekent de contante waarde over een oneindige tijdshorizon door uit te gaan van herhalingen van levenscycli en door slim gebruik te maken van repeterende reeksen van kasstromen. Voor de  $P_{\infty}$ -methode zoeken we naar het repeterende karakter van levensduuractiviteiten. Om de schrijfwijze van de formules te vereenvoudigen definiëren we eerst:

$$K = \frac{1}{1+r} \quad (b)$$

waarbij  $r$  = reële discontovoet.

Bij het analyseren van levensduurkasstromen zit het repeterende karakter meestal in de:

- (Her)investeringen
- Groot-onderhoud
- Jaarlijkse exploitatie

Deze worden achtereenvolgens toegelicht.

#### Repeterende investeringen

De contante waarde van een investering ( $I_0$ ) die nu plaatsvindt en zich blijft herhalen met intervallen gelijk aan de levensduur ( $N$ ) van een infrastructuur volgt uit formule (3):

$$P_{(10,\infty)} = I_0 \cdot \left( \frac{1}{1-K^N} \right) \quad (c)$$

waarbij  $P_{\infty}$  = contante waarde van de reeks (her)investeringen ( $I_0$ ) met interval  $N$ ;  $N$  = levensduur van de infrastructuur.

#### Repetereend groot-onderhoud

Stel we hebben een levensduur van 80 jaar ( $N = 80$ ) en iedere 20 jaar groot-onderhoud ( $n = 20$ ). Het repeterende groot-onderhoud (GO) vindt dan plaats in de jaren 20 – 40 – 60 – (...) – 100 – 120 – 140 – (...) – etc. De contante waarde van een dergelijke reeks volgt uit:

$$P_{(n,\infty)} = GO \cdot \left[ \left( \frac{1}{1-K^n} \right) - \left( \frac{1}{1-K^N} \right) \right] \quad (d)$$

De eerste term in de rechter vierkante haken is voor de doorlopende reeks groot-onderhoud met interval  $n$ . De tweede term in de vierkante haken trekt de reeks van het groot-onderhoud af dat samenvalt met de vervangingsinvesteringen.

Er zijn ook situaties waarbij het groot-onderhoud cyclisch niet goed past in de levensduur. Stel dat de levensduur 80 jaar is en groot-onderhoud plaats vindt in jaar 30 – 50. De reeks is dan 30 – 50 – (...) – 110 – 130 – (...) – etc. Voor een dergelijke reeks is een omweg nodig waarbij eerst de contante waarde van het groot-onderhoud in één levenscyclus  $N$  wordt bepaald. Vervolgens kan deze contante waarde hetzelfde worden behandeld als de vervangingsinvesteringen in formule (c).

De contante waarde van het groot-onderhoud in een levenscyclus  $N$  volgt uit:

$$P_{(T_{start},T_{eind})} = GO \cdot \frac{K^{T_{start}} - K^{T_{eind}}}{1 - K^N} \quad (e)$$

In het voorbeeld is  $T_{start} = 30$ ,  $T_{eind} = 70$  en  $n = 20$ . Teind is de waarde waarop GO zou plaatsvinden volgens het interval, maar die niet meer mag optreden. Deze uitkomst uit formule (e) kan vervolgens gelijk worden behandeld als de cyclische investering in formule (c).

#### Repeterende jaarlijkse exploitatiebedragen

De contante waarde van een oneindige reeks exploitatiekasstromen ( $E$ ) die beginnen in jaar 1 en jaarlijks terugkomen kunnen worden berekend met:

$$P_{(1,\infty)} = \frac{E}{r} \quad (f)$$

Enkele exploitatiekasstromen vallen samen met de herinvesteringen. Meestal is dit verwaarloosbaar. Als dit niet zo is, zal een reeks exploitatiekasstromen met interval  $N$  moeten worden afgetrokken zoals bij groot-onderhoud in formule (d).

Met deze set formules die de contante waarden uitrekenen van repeterende reeksen kan snel de contante waarde van alle levenscyclusactiviteiten worden bepaald:

1. Identificeer de reeksen van de verschillende levensduuractiviteiten;
2. Gebruik de juiste formule om de contante waarde van een oneindige reeks te berekenen;
3. Tel de contante waarde van de verschillende levensduuractiviteiten bij elkaar op.

Op deze wijze kunnen varianten met verschillende levensduren met elkaar worden vergeleken omdat de rekenhorizon gelijk is (oneindig). Ook kan deze methode zonder moeite omgaan met lage discontovoeten.

#### Rekenvoorbeeld

Als illustratie voor de alternatieven beschouwen we twee bruggen met een verschillende levensduur en verschillende levensduuruitgaven waarvan de gegevens zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1 - Rekenvoorbeeld met levensduuruitgaven van twee bruggen.

Discontovoet 1,6%	Brug A	Brug B
Levensduur	80	100
Investering	€ 5.000.000	€ 6.000.000
Exploitatie (jaarlijkse)	€ 60.000	€ 50.000
Groot-onderhoud (cyclisch 25 jaar)	€ 350.000	€ 300.000

Methoden 2 (EAC) en 3 ( $P_{\infty}$ ) zijn met de huidige aanpak vergeleken waarbij een rekenhorizon wordt beëindigd na 100 jaar. Voor brug A is in de huidige aanpak, in jaar 80 een vervangingsinvestering opgenomen, en voor brug B in jaar 100. De resultaten van de berekeningen voor brug A en B zijn opgenomen in tabellen 2 en 3.

## De kern van de drie methoden is het oprekken van de rekenhorizon tot het moment dat deze er niet meer toe doet.

Tabel 2 - Vergelijkende berekeningen voor brug A.

Brug A	Huidige methode	EAC-methode (methode 2)	$P_{\infty}$ -methode (methode 3)	Verschil NCW met huidig
NCW over periode 100 jaar	€ 9.781.202			
EAC (per jaar)		€ 180.003	€ 180.003	
NCW over periode oneindig		€ 11.250.189	€ 11.250.189	15%

Tabel 3 - Vergelijkende berekeningen voor brug B.

Brug B	Huidige methode	EAC-methode (methode 2)	$P_{\infty}$ -methode (methode 3)	Verschil NCW met huidig
NCW over periode 100 jaar	€ 10.141.460			
EAC (per jaar)		€ 179.295	€ 179.295	
NCW over periode oneindig		€ 11.205.912	€ 11.205.912	10%

De observaties zijn:

- De uitkomsten van de EAC-methode en  $P_{\infty}$ -methode zijn zoals verwacht per brug identiek.
- Het eindigen van de rekenhorizon bij 100 jaar leidt voor brug A tot 15% gemiste kasstromen en voor brug B tot 10%. Dit komt voor beiden door de lage discontovoet van 1,6% en het missen van kasstromen na 100 jaar. Het opvoeren van een vervangingsinvestering aan het einde van de rekenperiode in de huidige methode om het missen van kasstromen te compenseren drukt het percentage naar beneden. Zonder deze afrekening is het percentage gemiste kasstromen ongeveer 20%.
- Als een keuze gemaakt moet worden tussen brug A en B dan wijst de huidige methode brug A aan terwijl EAC-methode en  $P_{\infty}$ -methode, de voorkeur geven aan brug B. De verschillen zijn marginaal maar het missen van kasstromen kan ertoe leiden dat de voorkeursvolgorde verandert. We verwachten dat dit meestal niet aan de orde is; een harde uitspraak vraagt echter om nader onderzoek.

#### Discussie en conclusies

Door de lage discontovoet gaat het contant maken van toekomstige kasstromen langzaam. Aan het einde van een rekenhorizon van 100 jaar heeft een euro nog 20% van zijn waarde behouden bij een discontovoet van 1,6%. Dit betekent dat in de huidige LCC en MKBA-methodiek, die rekenen met een horizon van 100 jaar, kasstromen worden gemist. Dit leidt ertoe dat de contante waarde van toekomstige levensduurkosten wordt onderschat en een rekenvoorbeeld laat zien dat dit percentage kan oplopen tot 15%. Het missen van kasstromen kan er ook toe leiden dat de voorkeursvolgorde verandert.

In dit artikel dragen we drie methodische alternatieven aan om alle kasstromen die ertoe doen mee te nemen bij een lage discontovoet. Methodisch is een mooie oplossing om te werken met een oneindige rekenhorizon en aan te nemen dat de functie van infrastructuur eeuwig blijft voortbestaan. Die aanname is natuurlijk niet helemaal correct want infrastructuur wordt niet tot in het oneindige vernieuwd maar het geeft een betere schatting dan aannemen dat er niets meer is na 100 jaar.

Het voordeel van het uitgaan van oneindige herhaling is ook dat er geen interpretatieverschillen ontstaan over het afrekenen aan het einde van de huidige rekenhorizon van 100 jaar omdat het vertrekpunt de levensduur is (die zich blijft herhalen) en niet een gekozen rekenhorizon. Er ontstaat bijvoorbeeld geen discussie meer of aan het einde van een rekenhorizon nog een vervangingsinvestering als afrekening moet worden opgenomen.

Praktisch gezien benadert 300 jaar oneindig, maar kasstromen uitschrijven over 300 jaar is omslachtig. Wiskundig zijn er twee methoden die dit veel sneller kunnen uitrekenen: de EAC-methode en  $P_{\infty}$ -methode. Beide methoden zijn equivalent, en rekenen met een oneindige tijdshorizon. Alleen de eerste methode drukt het resultaat uit in Equivalente Jaarlijkse Kosten (Equivalent Annual Cost, EAC) en de tweede methode in Netto Contante Waarde (NCW) van een oneindige reeks. De gepresenteerde formules kunnen op hun juistheid worden gecontroleerd door alle kasstromen over meer dan 300 jaar te projecteren en de contante waarden hiervan te berekenen.

De toepassing van de EAC-methode of de  $P_{\infty}$ -methode lijkt een goed alternatief te bieden om de consequenties van een lage discontovoet in de huidige MKBA en LCC-berekeningen te ondervangen.

## Nawoord van de redactie (reikwijdte artikel)

Dit artikel is zeer relevant voor Cost & Value Engineers. De redactie is ervan overtuigd dat de reikwijdte verder gaat dan alleen de lage discontovoet. In het artikel worden nu twee bruggen met elkaar vergeleken, maar in de VE-vraagstukken gaat het vaak over verschillende oplossingen voor dezelfde functie. Dus een brug versus bijvoorbeeld een pont of juist helemaal geen verbinding, maar omrijden. Dan zijn investeringskosten, exploitatie, onderhoud en levensduur per definitie van een andere grootte. Tel daarbij op de maatschappelijke kosten en de milieuspecten (bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub>-footprint) en dan is de traditionele LCC- en NCW-berekening niet toereikend door de verschillen in looptijd. Door die verschillen in looptijd is het dan iedere keer een getob om varianten goed vergelijkbaar te maken. De aangedragen alternatieve rekenmethoden, waar je naar een oneindige looptijd gaat, lijkt hiervoor een oplossing. Wellicht een overweging voor RWS en CROW om te onderzoeken of deze rekenwijze in hun LCC-berekeningen toegevoegde waarde biedt en de huidige rekenwijze moet vervangen, of als optie kan worden aangeboden. De huidige LCC-eis voor infrastructuur gaat altijd uit van 100 jaar en kan onder druk komen te staan door de technologische ontwikkelingen en de grote transitievraagstukken van vandaag de dag. De technische levensduur is wel 100 jaar of wellicht meer, maar de economische levensduur kan veel korter worden omdat de omstandigheden steeds sneller wijzigen. Dan heb je meer baat bij oplossingen/objecten die eenvoudig aan te passen of om te bouwen zijn naar nieuwe (gebruiks)eisen. Dan wordt het verschil in levensduur dus een zeer relevante parameter in de CE- en VE-vraagstukken!

## Nawoord van de redactie (hoogte discontovoet)

Tussen redactie en de auteurs is over en weer nog gediscussieerd over de technische en economische levensduur en de overwegingen bij het vaststellen van de hoogte van de discontovoet. Deze discussie en overwegingen zijn een apart artikel waard, maar voeren nu te ver om in dit artikel op te nemen. De kern van dit artikel is dat bij een lage discontovoet de beheer- en onderhoudskosten significant meetellen in de LCC-afweging, terwijl bij een hoge discontovoet dit minder aan de orde is omdat de investering relatief zwaarder meetelt. Met andere woorden, de hoogte van de discontovoet bepaalt de LCC-afweging. In het artikel laten de auteurs zien dat er andere rekenmethoden zijn dan de huidige, die deze problematiek van een verschil in discontovoet elimineren.

### Referenties

- [1] Minister van Financiën, Kabinetsreactie werkgroep Discontovoet - 2020-0000206831.2020. Online toegankelijk via: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/11/10/kabinetsreactie-werkgroep-discontovoet/Kabinetsreactie+werkgroep+Discontovoet.pdf>
- [2] Werkgroep discontovoet 2020, Rapport Werkgroep discontovoet 2020. 2020, Ministerie van Financiën. Online toegankelijk via: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/11/10/rapport-werkgroep-discontovoet-2020/rapport-werkgroep-discontovoet-2020.pdf>
- [3] Treiture, R, et al., Assessing approximation errors caused by truncation of cash flows in public infrastructure net present value calculations, in *Life Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision. Proceedings of the 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018)*, 28-31 October 2018, Ghent, Belgium, R. Caspele, L. Taerwe, and Frangopol, Editors. 2018, CRC Press. p. 1475-1481.
- [4] Van den Boomen, M, et al., Common Misunderstandings In Life Cycle Costing Analyses And How To Avoid Them, in *Proceedings of the 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016)* 16-19 October 2016 Delft, The Netherlands, J. Bakker, D.M. Frangopol, and K. van Breugel,



Deze correspondentie kun je teruglezen op een speciale pagina op de website van DACE. Deze pagina is te benaderen via bovenstaande QR-code.

## OVERZICHT DACE TRAININGEN 2022



### Cost Engineering

- Cursus Essenties van Cost Engineering (ECE) 29 en 30 juni en 6 en 7 juli 2022
- Cursus Essenties van Project Cost Control (EPCC) 8 en 9 december 2022

### Value Management

- Basisopleiding Value Management (6-daagse VM1) kick-off: 20 april (ochtend), 17, 18, 24, 25, 31 mei en 1 juni 2022
- VM2-opleiding kick-off: 16 juni (ochtend), 29 juni, 5 en 6 juli 2022
- VM3-opleiding 7, 14 en 21 september 2022

### Leadership for Cost Engineers

- Leadership for Cost Engineers 15, 16 november en 8 december 2022

### DACE contactbijeekkomsten 2022

- 17 maart
- 29 september
- 24 november

## AGENDA

### Overzicht DACE trainingen 2021

#### Cost Engineering

- Cursus Essenties van Project Cost Control (EPCC) 9 en 10 december 2021

#### Leadership for Cost Engineers

- Leadership for Cost Engineers 16 en 17 november en 9 december 2021

#### DACE contactbijeekkomsten 2021 en 2022

- 25 november 2021