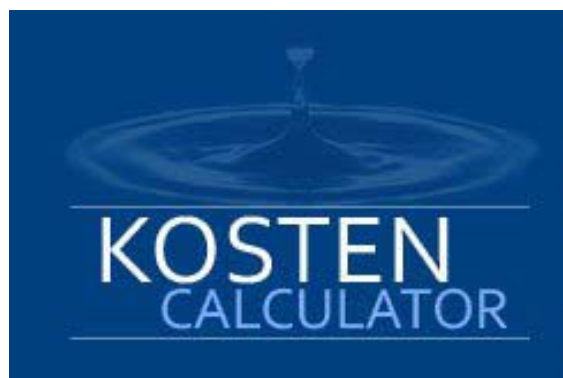


# CoP Kostenrekening

*Oktober 2014*

---

## *Drinkwater*





# CoP Kostencalculatie

---

**Error! Reference source not found.**

*dossier AA6745*  
*datum Oktober 2014*  
*registratienummer*  
*versie 8*

© RHDHV Water BV

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. drukwerk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van RHDHV Water BV, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitssysteem van RHDHV Water BV is gecertificeerd volgens NEN ISO 9001.



<b>INHOUD</b>	<b>BLAD</b>	
1	VOORWOORD	4
2	LEESWIJZER	5
3	HET RAMEN VAN PROJECTKOSTEN	9
4	STANDAARDOPZET INVESTERINGEN	11
4.1	Grondkosten	11
4.2	Bouwkosten	12
4.3	Inrichtingskosten	14
4.4	Bijkomende kosten	14
4.5	Bouwrente	16
4.6	Standaard opbouw investeringen	16
4.7	Kosten indexcijfers bij afwijkend prijspeil	17
5	BOUWKOSTENFUNCTIES	19
5.1	Inleiding	19
5.2	Nauwkeurigheid bouwkostenfuncties	20
5.3	Winning	24
5.4	Zuivering	29
5.5	Spoelwater- en slibbehandeling	62
5.6	Opslag, transport en distributie	69
6	STANDAARDOPZET EXPLOITATIEKOSTEN	79
6.1	Inleiding	79
6.2	Vaste kosten	80
6.3	Verbruikskosten	83
6.4	Onderhoudskosten	90
6.5	Administratieve beheerskosten	90
6.6	Specifieke bedrijfskosten	91
7	BEPALING KOSTENDEKKEND WATERTARIEF PRODUCTIE	95
7.1	Inleiding	95
7.2	Contante Waarde methode	95
7.3	Kostendekkend watertarief productie	96
8	LITERATUUR	99
9	COLOFON	101

## 1 VOORWOORD

De ‘Kostencalculator drinkwater, Niveau beleidsplan en systeemkeuze’ is om de volgende redenen opgezet:

1. Met de kostencalculator applicatie kan op internet in de projectfasen beleidsplan/systeemkeuze, eenvoudig en snel een kostenschatting voor drinkwaterinstallaties worden gemaakt. De kosten worden geraamd op basis van gerealiseerde projecten in Nederland.
2. Door het digitaal beschikbaar maken van de informatie en het uitbrengen van een berekeningsmodule op internet is het gebruiksgemak, snelheid en actualiteit voor klanten sterk verbeterd.
3. De kostencalculator berekent niet alleen de bouwkosten maar tevens de totale investering en exploitatiekosten.
4. Het is daarnaast bedoeld als handleiding bij kostenramingen. Er is gedefinieerd welke standaards DHV Water hanteert bij het bepalen en presenteren van projectkosten. Deze is gebaseerd op de SSK (Standaard Systematiek Kostenraming ) uitgebracht door de CROW blad P137.

De kostencalculator drinkwater is opgezet in samenwerking met Nederlandse waterleidingbedrijven. Voor toepassing van de kostenstandaard wordt een licentieovereenkomst gesloten met DHV Water Treatment, en jaarlijks een bedrag ter grootte van 0,006% van de jaaromzet in drinkwater betaald. Het intellectueel eigendom van de kostenstandaard berust bij DHV Water Treatment.

Jaarlijks wordt de kostenstandaard inhoudelijk aangepast op de volgende punten:

- Nieuwe referenties van zowel DHV als waterleidingbedrijven worden toegevoegd.
- De kostenreferenties worden automatisch geïndexeerd naar het huidige prijspeil.
- Bij voldoende referenties worden nieuwe bouwkostenfuncties toegevoegd indien nog niet opgenomen.
- De exploitatie kostengegevens geactualiseerd.

De kostencalculator drinkwater staat op **[www.kostenstandaard.nl](http://www.kostenstandaard.nl)**

Licentiehouders kunnen met behulp van een inlogcode toegang krijgen tot alle informatie omtrent de kostencalculator. Voor eventuele vragen, opmerkingen of aanvullingen kunt u contact opnemen met:

**Marcel Bakker**  
**Adviseur Water Treatment**  
**033 468 2368 / 06 1583 9968**

## 2 LEESWIJZER

De Standaardisatie van kosten is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 3 **Het ramen van projectkosten**  
 Hierin wordt kort uiteengezet wat het doel is van het ramen. De methodieken die worden toegepast, en met welke nauwkeurigheid in de verschillende projectfasen kan worden geraamd.
- Hoofdstuk 4 **Standaardopzet investeringen**  
 De DHV Water Treatment standaard voor het presenteren van investeringen is gebaseerd op de Standaard Systematiek Kostenraming (SSK) blad P137 van de CROW. De verschillende kostencomponenten (grondkosten, bouwkosten, inrichtingskosten, voorbereidings- / begeleidingskosten, bouwrente) worden hier beschreven en waar mogelijk, op basis van praktijkgegevens, gekwantificeerd.
- Over de onder hoofdstuk 5 beschreven bouwkostenfuncties worden toeslagen gerekend. Dit zijn de bijkomende kosten ook wel staartkosten genoemd. De bouwkosten inclusief bijkomende kosten vormen samen de investeringskosten. Toeslagen kunnen opgegeven worden voor:
- Toeslag voor algemene voorzieningen
  - Inrichtingskosten
  - Beveiligingskosten
  - Begeleidingskosten projecten (ontwerp, administratie, toezicht)
  - Overige bijkomende kosten (leges e.d.)
  - Bouwrente kosten
- Hoofdstuk 5 **Bouwkostenfuncties**  
 De in de kostencalculator te kiezen bouwkostenfuncties worden per procesonderdeel beschreven. Deze bouwkostenfuncties zijn gebaseerd op de nacalculatie van civiele, elektrotechnische en werktuigbouwkundige kosten van gerealiseerde projecten, literatuurgegevens en beschikbare detailramingen. De bouwkostenfuncties omvatten de categorieën:
- Winning
  - Zuivering
  - Spoelwater- en slibbehandeling
  - Opslag, transport en distributie

De kosten voor procesautomatisering zijn zeer project- / bedrijfsafhankelijk en zitten niet standaard in de bouwkostenfuncties maar worden apart berekend op basis van het opge-

geven aantal I/O per procesonderdeel vermenigvuldigd met het kengetal voor PA ( €per I/O ). Dit bedrijfsspecifieke kengetal kan onder exploitatiekosten opgegeven worden.

#### Hoofdstuk 6 **Standaardopzet exploitatiekosten**

De DHV Water Treatment standaard voor het presenteren van de exploitatiekosten is gebaseerd op de NEN 2632. Deze norm voorziet in het berekenen van exploitatiekosten van gebouwen maar wordt in de drinkwaterindustrie reeds lange tijd gebruikt om van gebouwen met procesinstallaties de exploitatiekosten te ramen. Daar de SSK nog niet voorziet in een exploitatieraming wordt gebruikt gemaakt van deze betrekkelijk oude norm uit 1980. De volgende kostencomponenten worden daarin onderscheiden en verder omschreven:

- vaste kosten (afschrijving, rente en heffingen);
- verbruikskosten; (o.a. energiekosten)
- onderhoudskosten;
- administratieve beheerskosten (personeelskosten);
- specifieke bedieningskosten (personeelskosten en analysekosten).



Hoofdstuk 7      **Begrippenlijst**

Hoofdstuk 8      **Literatuuropgave**



### 3 HET RAMEN VAN PROJECTKOSTEN

#### **Verschillende projectfasen, verschillende ramingsmethodieken en -doeleinden**

De voorbereiding van een project kan worden verdeeld in meerdere projectfasen. In elk van de projectfasen worden, met verschillende doeleinden, investeringsramingen uitgevoerd. De werkelijke investeringskosten kunnen pas worden bepaald uit de nacalculatie, wanneer het project is opgeleverd en in productie genomen.

In Tabel 3.1 zijn de te onderscheiden projectfasen weergegeven. Daarbij is aangegeven hoe de raming in de desbetreffende fase tot stand komt en met welke nauwkeurigheid de raming wordt afgegeven.

De ramingen voor een beleidsplan (“Wat kost een gemiddelde grondwaterzuivering”) word bij DHV Water Treatment uitgevoerd op dezelfde basis als een systeemkeuze (“Wat kost een grondwaterzuivering, met beluchting en snelfiltratie”). Bij een beleidsplan zal het zuiveringsschema minder goed bekend zijn. De geraamde waarde wordt in de verschillende fasen opgegeven met een bandbreedte. De bandbreedte is een maat voor de betrouwbaarheid. De gehanteerde bandbreedte met een 90% betrouwbaarheidsinterval wil zeggen dat het voor 90% zeker is dat de berekende waarde binnen de opgegeven bandbreedte valt.

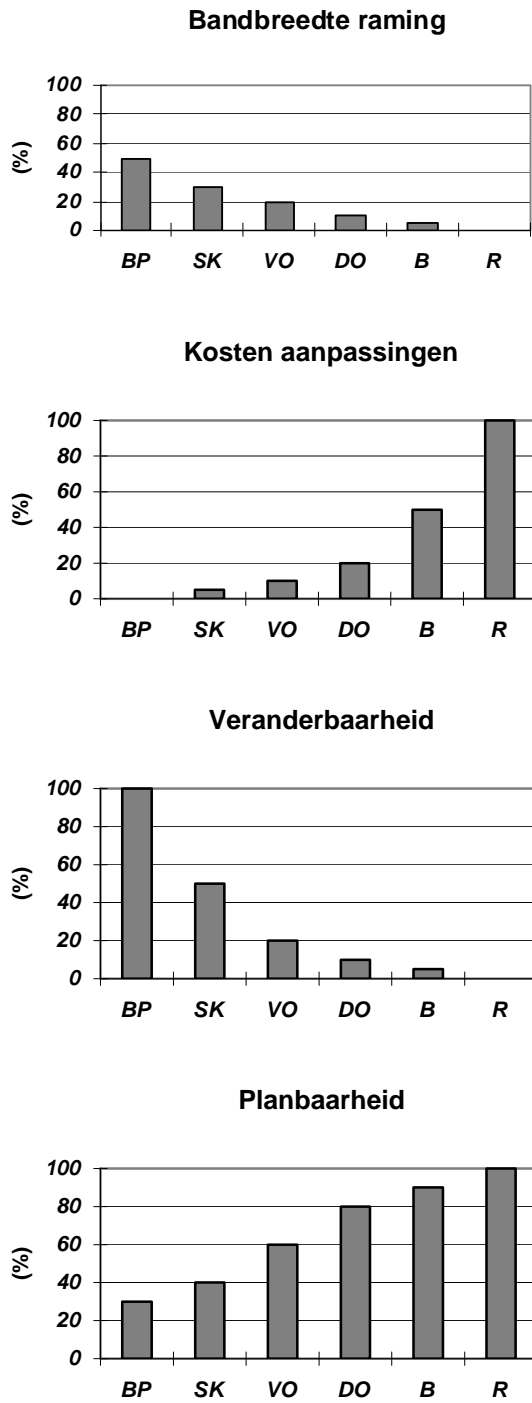
**Tabel 3.1**  
**Kostenramingen in verschillende projectfasen**

projectfase	ramingsmethodiek	doel van de raming	Bandbreedte
beleidsplan (BP)	kostenfuncties	vaststellen projecthaalbaarheid	±50%
systeemkeuze (SK)	kostenfuncties	vaststellen proceskeuze	±30%
voorontwerp	uitsplitsen op basis van VO	raming van de projectkosten	±20%
definitief ontwerp	uitsplitsen op basis van DO	raming van de projectkosten	±10%
bestek	uitsplitsen op basis van B	raming van de projectkosten	±5%
nacalculatie	op basis van afrekeningen	projectevaluatie	±0%

#### **Karakterisering van de projectfasen**

Naarmate een project vordert, wordt de bandbreedte van de kostenraming kleiner en de veranderbaarheid tevens kleiner. De kosten voor wijzigingen in het ontwerp naarmate de tijd verstrijkt worden steeds hoger en de planbaarheid wordt steeds nauwkeuriger. Dit is weergegeven in Afbeelding 3.1.

Afbeelding 3.1  
Karakterisering van de projectfasen



## 4 STANDAARDOPZET INVESTERINGEN

De investeringskosten zijn de kosten die dienen te worden gemaakt om een project te realiseren. Bij de standaard opzet wordt uitgegaan van de Standaard Systematiek Kostenramingen (CROW publicatie 137). Deze systematiek is oorspronkelijk opgezet door de GWW sector en vertoont veel overeenkomsten met de NEN2631 en de PRI (Planning Raming Instrument) die jaren '90 bij Rijkswaterstaat gehanteerd werd. Een aantal grote partijen waaronder Rijkswaterstaat, Prorail, Rijksgebouwendienst, Provincies, gemeentes, ingenieursbureaus, Waterschappen en Drinkwaterbedrijven, gebruiken deze systematiek momenteel.

De investeringskosten zijn opgebouwd uit:

- vastgoedkosten
- bouwkosten
- voorbereidings- en begeleidingskosten (ontwerp, administratie, toezicht)
- overige bijkomende kosten (zoals leges, inrichtingskosten)
- bouwrente

### 4.1 Vastgoedkosten

Alle kosten die nodig zijn voor de verwerving / bouwrijp maken van grond voor zover deze betrekking hebben op het verwerven van eigendom van en/of het beheersrecht over het terrein met eventuele hierop aanwezige bouwwerken. Tot deze kosten behoort ook de nadeelcompensatie en eventueel te maken infrastructurele kosten buiten het bouwterrein.

In de kostencalculator drinkwater worden deze kosten buiten beschouwing gelaten omdat deze zeer sterk variëren per project. Bij uitbreiding kan het voorkomen dat de grond al in bezit is van de opdrachtgever; bij nieuwbouw moet vaak nog worden onderhandeld over de grondprijs. De vastgoedkosten zijn exclusief BTW en inclusief risicoreservering (voormalig onvoorzien) en nader te detailleren, en omvatten:

- **Verwervingskosten**  
Onder verwervingskosten worden verstaan:
  - kosten voor aankoop van het terrein, inclusief grondonderzoeken (bodemverontreiniging, uitvoeren sondering, bomonderzoek, archeologisch onderzoek)
  - notariskosten
  - kosten voor makelaars, taxateurs e.d.
  - verschuldigde belastingen (o.a. overdrachtsbelasting 6%)
  - kosten voor eigendomsverkrijging (kadastrale inschrijving, onteigeningsprocedures)
  - vergoedingen (b.v. zakelijk recht) en schadeloosstellingen aan derden

- **Infrastructurele voorzieningen buiten het terrein**  
Onder kosten voor infrastructurele voorzieningen worden verstaan de kosten van bijkomende werken buiten het terrein, om dit geschikt te maken voor zijn bestemming:
  - aansluitingen op openbare voorzieningen (toegangswegen e.d.)
  - tijdelijke maatregelen (omleggingen e.d.)
  - aanpassingen van de overheidsplannen (b.v. bestemmingsplan e.d.)
- **Bouwrijpmaken**  
De kosten voor het bouwrijpmaken worden onderscheiden in:
  - werken binnen het terrein:
    - sloopkosten
    - grondwerk (ophogingen, afgravingen)
    - verleggen, verwijderen van kabels en leidingen
  - werken buiten het terrein:
    - ontsluiting voor bouwverkeer
    - aansluitingen nutsvoorzieningen ten behoeve van de bouw
- **Onderhoudskosten/opbrengsten van het verworven terrein voor en tijdens de bouw**

## 4.2 Bouwkosten

Bouwkosten zijn die kosten die gemoeid zijn met de fysieke realisatie van de in het project te onderscheiden objecten (bouwwerken).

De totale bouwkosten zijn onderverdeeld in de bouwkosten voor de verschillende disciplines:

- Civiele werken (Ct)
- Werktuigbouwkundige werken (Wtb)
- Elektro en Instrumentatie technische werken (E&I)
- Procesautomatisering (PA)

De bouwkosten zijn exclusief BTW en bevatten:

- aanneemsommen (of ramingen hiervan) inclusief overhead, winst en risico voor de aannemer, verrekenbare hoeveelheden
- de kosten van eventuele werken door derden
- kosten van eventueel door de opdrachtgever ter beschikking te stellen materialen
- eventuele toeslag voor nader te detailleren, afhankelijk van het niveau en de methode van raming (de toeslag ‘nader te detailleren’ dekt de kosten voor de ‘niet benoemde’ elementen)

- eventuele toeslag voor risicoreservering(voormalig onvoorzien) (meer-/minderwerk, schadeverrekeningen, risicoverrekeningen, bijvoorbeeld : loon- en materiaalprijswijzigingen, afwijking op verrekenbare hoeveelheden)
- eventuele prijscorrectie (herleiding prijspeil eenheidsprijzen naar het moment van aanbesteding)
- terreinvoorzieningen (parkeerplaatsen, wegen, leidingen, kabels, afrastering, groenvoorziening, terreinverlichting e.d.)

#### 4.2.1 Risicoreservering ( voorheen onvoorzien)

Dit is een financiële reservering ter dekking van de kennis- en toekomstonzekerheden van het project. Afwijkingen die na vaststelling van deze reservering binnen de scope kunnen worden opgelost, moeten uit deze reservering worden betaald. Voor wijzigingen buiten de scope (beslisonzekerheid) moeten de financiële afspraken worden aangepast. Deze wijzigingen worden niet betaald uit de risicoreservering.

Geïntariseerde onzekerheden zijn te kwantificeren door middel van kans x gevolg. Dit kan deterministisch berekend worden of probabilistisch met bijvoorbeeld een Monte Carlo simulatie. Niet geïntariseerde onzekerheden worden meestal gekwantificeerd met een percentage van de voorziene kosten. Risico reserveringen kunnen zowel op objectniveau (grondkosten, bouwkosten, engineeringkosten e.d.) als project niveau opgegeven worden.

De post “risicoreservering” in de bouwkosten is sterk afhankelijk van:

- de gedetailleerdheid en kwaliteit van de bestekken
- de complexiteit van het werk
- de aard van het project (nieuwbouw, uitbreiding of verbouwing)
- de innovatie in het bouwwerk voor aannemers en adviseurs
- de prijsvorming tijdens de aanbesteding (fouten of gedrukte prijzen zijn meerwerk gevoelig, marktsituatie op het moment van aanbesteding)
- wijzigingen op verzoek van de opdrachtgever tijdens de bouw
- de houding van de aannemer

#### 4.2.2 Toeslag algemene voorzieningen

Per procesonderdeel zijn bouwkostenfuncties samengesteld. Bij gebruik van deze functies moet altijd worden bedacht dat met name de kosten voor algemene zaken, zoals hoofdgebouw (met ontvangstruimte, werkplaats, laboratorium, kantine, etc.), verbindingsgangen, terreinleidingen, toegangswegen nogal kunnen verschillen per project.

Rekening houdend met het bovenstaande rekt DHV Water Treatment standaard met een toeslagpercentage van 5% op de totale, met behulp van de in dit hoofdstuk gegeven bouwkostenfuncties, bepaalde bouwkosten. Van deze algemene kosten is de onderverdeling: 50% bouwkundig, 25% werktuigbouwkundig en 25% elektrotechnisch.

### 4.3 Inrichtingskosten

De inrichtingskosten zijn exclusief BTW en inclusief de toeslag voor nader te detailleren en risicoreservering (voormalig onvoorzien). Zij bevatten alle kosten die moeten worden gemaakt voor de inrichting van gebouwen, werkplaats en laboratorium. Hieronder vallen:

- meubilering en stoffering
- werkplaatsvoorzieningen
- laboratoriuminrichting (inclusief apparatuur)
- bemonsteringsapparatuur
- aanschaf voorraden (bijv. oliën, vetten, reserve onderdelen)
- aanschaf eerste vulling chemicaliën, filtermateriaal, actieve kool e.d.
- aanschaf hulpapparatuur
- aanschaf gereedschappen, werkplaatsvoorzieningen en hulpapparatuur, en werktuigen bij onderhoud
- kunstobjecten

De inrichtingskosten zullen bij nieuwbouw vaak significant hoger zijn dan bij uitbreiding. Verder hangt de hoogte van deze kostenpost af van het type installatie en de eisen en wensen van de opdrachtgever. De inrichtingskosten bij nieuwbouw van zuiveringsinstallaties blijken vaak ongeveer 1-3 % van de bouwkosten te bedragen.

### 4.4 Bijkomende kosten

De bijkomende kosten omvatten:

- voorbereiding- en begeleidingskosten
- overige bijkomende kosten

De voorbereiding- en begeleidingskosten zijn exclusief BTW, en inclusief risicoreservering (voormalig onvoorzien) en nader te detailleren toeslag. De voorbereiding- en begeleidingskosten bevatten zowel de interne kosten bij de opdrachtgever als de externe advieskosten voor:

- vooronderzoek (studies, proefinstallaties, programma van eisen, werkplan)
- grondonderzoek, opmeting terrein
- schetsontwerp/systeemkeuze
- voorontwerp
- definitief ontwerp
- detail ontwerp (de in de bouwkostenfunctie opgenomen detailontwerp kosten aannemer zijn gebaseerd op de traditionele contractvorm.)
- bestek
- gunning en aanbesteding
- directievoering, waaronder keuringen (voor zover niet in bouwkosten)
- toezicht



De overige bijkomende kosten omvatten:

- heffingen
  - leges vergunningen
  - precario
  - aansluitkosten nutsbedrijven (= rekening nutsbedrijf)
- verzekeringen
  - CAR verzekering
- aanloopkosten
  - bestuurskosten
  - werving, opleiding en bijscholing personeel
  - vervroegde aanstellingen
  - schoonmaken eerste oplevering (voor zover niet in bouwkosten)
  - verhuiskosten
  - inbedrijfstelling, bemonsteringskosten
  - openingskosten
  - tijdelijke beschermingsmaatregelen

De bijkomende kosten zijn sterk afhankelijk van het projecttype. Zo zullen de kosten voor voorbereiding en begeleiding hoger zijn naarmate het project complexer is. Bij kleinere projecten ligt het percentage begeleiding ook hoger omdat bepaalde activiteiten net zo veel tijd kosten voor een groot als klein project, zoals een vergunningsaanvraag.

De voorbereidings- en begeleidingskosten zullen zeer sterk bepaald worden door de mate waarin de aannemer in de uitvoeringsfase ontwerpwerkzaamheden uitvoert (invloed op voorbereidingskosten). Tenslotte speelt de contractwijze (turn-key danwel deelcontracten) een belangrijke rol in de omvang van de begeleidingskosten. Beide bovengenoemde aspecten vormen feitelijk verschuivingen tussen bouwkosten (aanneemsom) en bijkomende kosten.

## 4.5 Bouwrente

De bouwrente (= het renteverlies tijdens de bouw) bevat de financieringskosten voor de betalingen tijdens de voorbereidings- en bouwfase tot het moment van ingebruikname c.q. actualisatie. In het tijdstraject tussen de start van de bouw en de ingebruikname verdisconteert de bouwrente de extra kosten voor financiering.

De bouwrente is afhankelijk van de duur tussen betalingen en ingebruikname en van de rentevoet en zal in de praktijk variëren tussen 5-15% van de totale investeringskosten.

**Bij een projectduur van 3 jaar en een rentevoet van 7% bedraagt de bouwrente circa 10% van de investeringskosten. Uitgaande van een lineair verloop van de kosten vanaf de start van het project en de ingebruikname van de installatie zijn in**

Tabel 4.1 de bouwrentepercentages opgenomen.

**Tabel 4.1**

**Bouwrentepercentages als functie van de rentevoet en de realisatietermijn**

Projectduur (jaar)	rentevoet					
	6%	7%	8%	9%	10%	15%
1	2,8	3,2	3,7	4,1	4,6	6,9
2	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6	14,4
3	8,8	10,2	11,7	13,1	14,6	21,9

**In de praktijk zal het kostenverloop niet lineair zijn. Vóór de start van de bouw worden kosten gemaakt voor studies, ontwerp- en engineering, besteks gereed maken en dergelijke. De kosten hiervan zijn ca. 20% van de totaal som terwijl het voorbereidingstraject qua tijdsduur 30-50% van de project-tijd in kan nemen. De bouwrentekosten zullen verder toenemen naarmate de bouw voortschrijdt. Uit Tabel 4.1 blijkt duidelijk dat door het uitlopen van de bouw-tijd de totale kosten voor bouwrente fors kunnen toenemen.**

## 4.6 Standaard opbouw investeringen

Bij wijze van voorbeeld is in Tabel 4.2 een samenvatting gegeven van de kostenopbouw. Hierbij is tevens een schatting gepresenteerd voor diverse onderdelen van de investeringskosten, zoals die bij een beleidsplan en systeemkeuze kunnen worden gebruikt. Deze schattingen zijn weergegeven als percentage van de bouwsom, waarbij verondersteld wordt dat het project conform de “klassieke methode” wordt gerealiseerd (geen turn-key, constructieve detaillering civiel/bouwkunde door de adviseur). Uit de tabel blijkt dat de zogenaamde “staartkosten” voor installaties (dat wil zeggen: de kosten die gemaakt worden bovenop de bouwkosten) 38 % van de bouwkosten bedragen. De staartkosten voor leidingen worden geschat op 23% van de bouwkosten. Hierbij dient volledigheidshalve opgemerkt te worden dat de grondkosten hierin niet zijn opgenomen.

**Tabel 4.2**  
**Standaard kostenopbouw, ter bepaling van de “staartkosten”**

	Kostencomponent		Zuivering		Leidingen
A	grondkosten		pm		pm
B	Bouwkosten (inclusief risicoreservering (voormalig onvoorzien) en de toeslag voor algemene voorzieningen)	Civiele Techniek / Bouwkunde  Werktuigbouwkunde  Elektrotechniek	100%	Civiele Techniek / Bouwkunde	100%
C	inrichtingskosten	2% van B		0% van B	
D	beveiligingskosten	1% van B		0% van B	
E	bijkomende kosten: - voorbereiding en begeleiding - overige bijkomende kosten	20% van A+B+C+D  2% van A+B+C+D		10% van A+B+C  2% van A+B+C	
F	bouwrente	10% van A+B+C+D+E		10% van A+B+C+E	
G	Investeringskosten		138%		123%

#### 4.7 Kosten indexcijfers bij afwijkend prijspeil

Voor de herberekening van de investeringskosten van gerealiseerde projecten naar een gewenst prijspeil wordt gebruik gemaakt van indexcijfers. Deze indexcijfers worden door het CBS gepubliceerd.

Door DHV Water worden de indexcijfers van Tabel 4.3 aangehouden. Op basis hiervan is een standaard drinkwaterproject (voorzuivering oppervlaktewater, WRK) uitgesplitst in percentages van bovengenoemde kostensoorten. Aan de hand daarvan is een samengesteld indexcijfer bepaald waarmee herberekening van een gerealiseerd project naar een gewenst prijspeil kan plaatsvinden.

**Tabel 4.3**  
**Indexcijfers voor kostensoorten**

kostensoort	CBS-indexcijfer (c.q. Misset)
<b>grondkosten</b>	
- verwerving	prijsindexcijfer (inflatie-index)
- infrastructuur	prijsindex grond-, water- en wegenbouw
- bouwrijp maken	prijsindex grond-, water- en wegenbouw
<b>bouwkosten</b>	
- civiel	MBK-indexcijfers utiliteitsbouw
- werktuigbouw	machine-industrie <sup>1)</sup>
- elektrotechniek	elektrotechnische industrie <sup>1)</sup> (wtb+elektro, gezamenlijk volgens FME index)
<b>inrichtingskosten</b>	
- totaal	prijsindexcijfer (inflatie-index)
<b>bijkomende kosten</b>	
- voorbereiding en begeleiding	indexcijfers regelingslonen part. dienstverlening
- overige bijkomende kosten	prijsindexcijfer (inflatie-index)
<b>bouwrente</b>	verhouding promesse-disconto +1%
<b>BTW</b>	verhouding momentane BTW-waarde
<sup>1)</sup> producentenprijsindex van binnenlandse afzet van de nijverheid	

## 5 BOUWKOSTENFUNCTIES

### 5.1 Inleiding

#### **Gebruik van de bouwkostenfuncties**

Met behulp van de bouwkostenfuncties kunnen de bouwkosten (en daarmee uiteindelijk de investeringskosten en de exploitatiekosten) worden bepaald in de fase systeemkeuze/schetsontwerp. Rekening moet worden gehouden met de aangegeven nauwkeurigheid van de bouwkostenfuncties. Deze nauwkeurigheid wordt voornamelijk bepaald door de basis van de functie (zoals aantal referentieprojecten) en de verschillende uitvoeringsvormen. Onder de info button per procesonderdeel wordt een indicatie van de nauwkeurigheid opgegeven.

#### **Basis en opzet van de bouwkostenfuncties**

De bouwkostenfuncties zijn zoveel mogelijk gebaseerd op referenties van gerealiseerde projecten. Daarnaast is geput uit beschikbare literatuurgegevens, offertes en detailramingen.

Bij elke gepresenteerde bouwkostenfunctie is aangegeven:

- de reguliere proces uitgangspunten en de kostenafhankelijke parameter;
- welke elementen zijn meegenomen in de functie;
- een globale onderverdeling van de bouwkosten in percentages civiele techniek, werktuigbouwkunde en elektrotechniek.
- verklaring van de gegeven functie:
  - waarop is de functie gebaseerd (gerealiseerde projecten, literatuur, offertes/ramingen);
  - omschrijving van mogelijke valkuilen (omschrijving van verschillende uitvoeringsvormen);
  - nauwkeurigheid van de functie.

Note:

De kosten voor procesautomatisering zijn zeer project- / bedrijfsafhankelijk en worden apart als berekend op basis van het aantal benodigde I/O per procesonderdeel vermenigvuldigd met het PA kengetal uitgedrukt in €per I/O.

Dit opgegeven kengetal dient de bouwkosten (hard plus software) inclusief alle staartkosten te omvatten.

## 5.2 Nauwkeurigheid bouwkostenfuncties

### Methodiek bepaling kostenfuncties

Alle bouwkostenfuncties zijn in principe bepaald door middel van lineaire regressie, eventueel na transformatie naar een logaritmische schaal. Pas vanaf 3 projecten kan er sprake zijn van een realistische benadering, waarvan uiteraard de betrouwbaarheid toeneemt naarmate deze op meer projecten is gebaseerd.

Alle projecten zijn zoveel mogelijk ‘vergelijkbaar’ gemaakt, dat wil zeggen dat locatie-specifieke kostenposten zijn weggestreept uit de beschikbare kostenoverzichten. Voorbeelden daarvan zijn bodemsaneringskosten, sloopkosten, extra funderingswerkzaamheden, specifieke bemaling etc. Projecten die door de ‘grofheid’ van de gegevens niet vergelijkbaar gemaakt kunnen worden zijn voor het bepalen van de kostenfunctie buiten beschouwing gelaten.

Van alle projecten is de ‘kostenbepalende’ parameter (eng.: ‘cost driver’) bepaald. Dit is de grootte die het sterkst van invloed is op de kosten.

Op de beschouwde projecten is regressie toegepast, waarbij het regressiemodel ‘logisch’ moet zijn, oftewel bekende schaaffecten moeten in de functie tot uiting komen, evenals aanloopkosten die onafhankelijk zijn van de grootte van de kostenbepalende parameter.

### Nauwkeurigheid

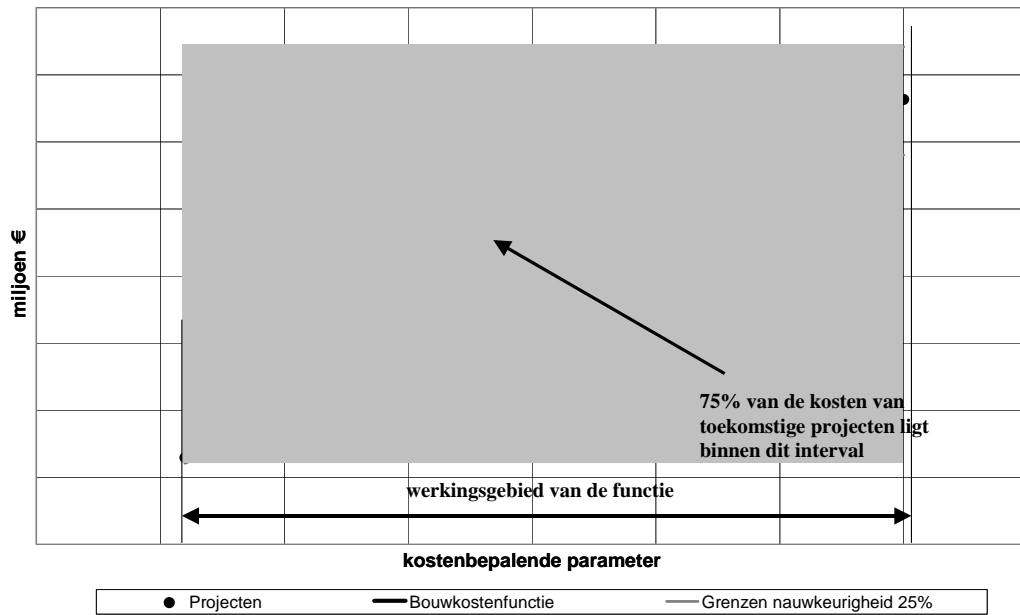
Voor veel berekeningen waarbij de bouwkostenfuncties worden toegepast is de nauwkeurigheid minder relevant. De bouwkostenfunctie doet niet anders dan het bepalen van de kosten aan de hand van een of meerdere vergelijkbare projecten, en pretendeert ook niets meer dan dat te zijn. Toch is het naarmate het aantal referentieprojecten groeit, steeds beter mogelijk om statistische uitspraken over de nauwkeurigheid te doen.

Bij het ramen van bouwkosten in de fase systeemkeuze en/of beleidsplan wordt veelal een nauwkeurigheid tussen de 30% en de 50% aangegeven. Meestal wordt daarmee bedoeld dat de geraamde waarde het gemiddelde vormt van een interval dat 30 - 50% naar boven of naar onder is begrensd. Dit suggereert echter ten onrechte dat er geen kans bestaat dat de kosten van een nieuw project toch buiten de grenzen van het genoemde interval zullen liggen. Beter is het om te spreken van een bandbreedte (bijvoorbeeld  $\pm 30\%$ ) met een betrouwbaarheid van 68% (standaardafwijking). Dit betekent dat bij daadwerkelijke realisatie verwacht mag worden dat de uiteindelijke kosten voor 68% zeker binnen de aangegeven bandbreedte komen te liggen. Zie voor definities ook de CROW uitgave P137 getiteld “Wat kost dat?”

Aangenomen is dat de afwijkingen ten opzichte van het gevonden model normaal verdeeld zijn. In dat geval kan de standaardafwijking van de verschillen tussen het model en de werkelijk gevonden waarden worden gebruikt als maat voor de nauwkeurigheid. Een nauwkeurigheid van 25% wil in dat geval zeggen dat er een kans van 25% bestaat dat de bouwkosten van een nog nieuw te realiseren project buiten het in de grafiek aangegeven

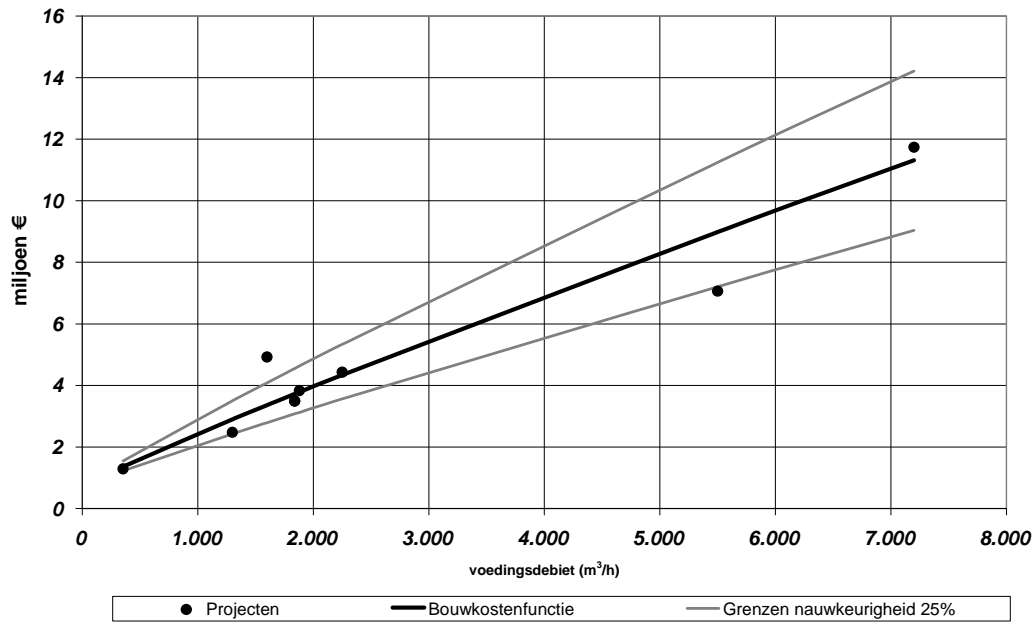
interval komen te liggen (zie Afbeelding 5.1 ter verduidelijking). Bij lineaire functies is dit interval gelijk voor alle waarden van de functie.

**Afbeelding 5.1**  
**Toelichting nauwkeurigheid lineaire kostenfuncties**



Voor machtsfuncties wordt het interval groter naarmate de grootte van de parameter toeneemt. (zie Afbeelding 5.2 ter verduidelijking).

**Afbeelding 5.2**  
Toelichting nauwkeurigheid kosten machtsfuncties





**Bouwkosten win- en infiltratieputten**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	48%	58%	70%
WTB	5%	14%	15%
ET	24%	28%	37%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 1 tot 26 putten, tot 300 meter diepte</p>			
<p>inbegrepen in functie : boren van de put</p> <p>: filters en haalbuizen, inclusief grind omstorting</p> <p>: schoonpompen van de put</p> <p>: winpomp, inclusief leidingwerk en appendages</p> <p>: debietmeting</p> <p>: putkopconstructie</p> <p>niet inbegrepen : kosten ruwwater verzamelleidingen</p>			

## 5.3 Wining

### 5.3.1 Bouwkosten win- en infiltratieputten

De Nederlandse waterleidingbedrijven infiltreren oppervlaktewater en winnen grondwater tot een diepte van circa 300 m onder maaiveld. De capaciteit voor winputten ligt veelal in de range 50 tot 100 m<sup>3</sup>/h. De capaciteit van infiltratieputten wordt bepaald door de maximaal toelaatbare stroomsnelheid op de boorgatwand. Hiervoor wordt 0,2 tot 0,3 m/h aangehouden. De meest voorkomende diameter voor winputten is 600 mm. Voor infiltratieputten is dit 1.000 mm.

De bouwkostenfunctie voor winputten en infiltratieputten is samengesteld op basis van nacalculatie van gerealiseerde projecten in Nederland. De beschouwde projecten bevestigen het beeld dat naarmate het aantal putten toeneemt, de bouwkosten per put enigszins afnemen.

Daarnaast zijn de bouwkosten afhankelijk van de volgende factoren:

- de putdiepte
- de putdiameter
- de locatie (bodemgesteldheid, ligging etc.)

NB. Niet in de bouwkostenfunctie inbegrepen zijn de kosten van de verzamelleidingen. Deze bouwkosten kunnen worden bepaald met de bouwkostenfunctie voor leidingen.



**Bouwkostenfunctie innamepompstation voor oppervlaktewaterwinning**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	30%	40%	50%
WTB	40%	45%	50%
ET	10%	15%	20%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 40%</p> <p>werkingsgebied : van 1.300 tot 15.000 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : instroomvoorziening</p> <p>: roosterwerken (incl. roostergoedreiniging)</p> <p>: ruwwaterleidingen</p> <p>: ruwwater ontvangput</p> <p>: ruwwaterpompen</p> <p>: energievoorziening en besturing</p> <p>niet inbegrepen : microzeven</p>			

### 5.3.2 Bouwkosten innamepompstation voor oppervlaktewater

Een innamepompstation is het werk dat dient om oppervlaktewater in te laten en in druk op te voeren voor transport naar de zuivering.

Ter plaatste van de inlaat worden vuilroosters toegepast om inzuiging van vis en/of vuil te voorkomen. Vervolgens passeert het water eventueel microzeven (deze zuiveringsstap wordt apart berekend), alvorens het water opgevoerd wordt met ruwwaterpompen voor transport richting de zuivering.

De bouwkostenfunctie voor innamepompstations voor oppervlaktewaterwinning is samengesteld op basis van nacalculatie van gerealiseerde projecten. Het ontwerpdebiet wordt als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.

NB. Niet in de bouwkostenfunctie inbegrepen zijn de kosten voor microzeven. Deze bouwkosten kunnen worden geraamd met de bouwkostenfunctie voor microzeving.



**Bouwkostenfunctie microzeving**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	20%	25%	30%
WTB	60%	65%	70%
ET	10%	15%	20%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 5 tot 500 m<sup>2</sup></p>			
<p>inbegrepen in functie : zeefinstallatie</p> <p>: energievoorziening</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p>			

### 5.3.3 Bouwkosten microzeving

Microzeven worden in de praktijk toegepast ten behoeve van de verwijdering van kleine visjes, grove verontreinigingen en algen bij oppervlaktewaterinname. De microzeven zijn doorgaans geplaatst in een innamepompstation. Microzeven vormen dan ook doorgaans de eerste processtap in oppervlaktewaterzuiveringen. Door het toepassen van microzeven bij oppervlaktewater inname worden tevens mossellarven afgevangen. Hierdoor vertraagd de aangroei in leidingen en zal het stootsgewijs toevoegen van chloor om aangehechte larven te verwijderen sterk beperkt worden. De zeefwijdte voor dergelijke toepassingen is 30 - 35  $\mu\text{m}$ .

Een microzeef bestaat uit een trommel, die aan één zijde open is. De trommel is in een betonnen of stalen bak geplaatst en draait om een stilstaande holle as. Het te reinigen water wordt axiaal toegevoerd in de trommel en stroomt in radiale richting door het gaas. De vuildeeltjes blijven achter op het gaas. De reiniging van het gaas geschiedt continu met behulp van sproeiers. Het spoelwaterverlies bij trommelzeven ligt in de range 5 - 10%.

De bouwkosten voor microzeven kunnen gerelateerd worden aan het netto zeefoppervlak.

Voor de bepaling van het netto zeefoppervlak worden de volgende ontwerpbelastingen aangehouden:

- reinwater/reservoirwater met beheersing van de biologie 50 - 60 m/h;
- oppervlaktewater/reservoirwater zonder beheersing van de biologie 25 - 35 m/h;



**Bouwkostenfunctie cascadebeluchting**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	44%	60%	71%
WTB	26%	36%	50%
ET	1%	4%	6%

prijspeil	:	heden
nauwkeurigheid	:	25%
werkingsgebied	:	totale bruto meslengte 3 m <sup>1</sup> tot 100 m <sup>1</sup> , 3 tot 7 trappen

inbegrepen in functie	:	cascadebakken, inclusief opzetranden
	:	leidingwerk en appendages
	:	gebouwwolume
	:	energievoorziening
	:	algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)

**5.4 Zuivering****5.4.1 Bouwkosten cascadebeluchting**

Cascadebeluchting is een zeer geschikt proces voor zuurstofinbreng. Op een aantal plaatsen in Nederland wordt cascadebeluchting tevens ingezet om methaan en koolzuur te verwijderen. Cascades kunnen op verschillende plaatsen in het zuiveringsproces worden toegepast. Bij grondwaterzuiveringen is zuurstofinbreng ten behoeve van oxidatie van ijzer, mangaan en ammonium de eerste zuiveringsstap.

Een cascade bestaat uit een aantal boven elkaar geplaatste bakken. Het water valt via een overstortrand in een lagergelegen bak. Tijdens de val van het water wordt lucht meege-sleurd, waardoor belletjes in het water ontstaan.

Het rendement van een cascade wordt gunstig beïnvloed door:

- een hogere valhoogte (zuurstofinbreng en methaanverwijdering) en een groter aantal trappen (koolzuurverwijdering);
- de diepte van de ontvangbak optimaal te kiezen (optimaal is een bakdiepte ter grootte van 65-70% van de valhoogte);
- het water via een aantal stralen per m<sup>1</sup> cascade over te laten storten (overstortlengten van 40 of 80 mm afgewisseld met schotten van 40 mm).

De invloed van de mesbelasting is marginaal onder een mesbelasting van Om (her)besmetting van het drinkwater te voorkomen worden cascades in een geconditioneerde ruimte geplaatst. De lucht in deze ruimte wordt continu ververs om een goede lucht/water verhouding (RQ) te bereiken.

De beschouwde gerealiseerde cascades zijn alle uitgevoerd in 4 straten. Met een opzet in 4 straten blijken de bouwkosten voornamelijk samen te hangen met de breedte van de cascade (de bruto meslengte). Het aantal trappen en de valhoogte hebben geen duidelijke invloed op de bouwkosten. De bruto meslengte wordt berekend met  $Q$  (m<sup>3</sup>/h) gedeeld door 150 m<sup>3</sup>/m<sup>1</sup>.h. mesbelasting.





**Bouwkostenfunctie plaatbeluchting**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	18%	24%	55%
WTB	33%	64%	70%
ET	12%	12%	12%
prijspeil : heden nauwkeurigheid : 30% werkingsgebied : 100 m <sup>3</sup> /h tot 3.000 m <sup>3</sup> /h			
inbegrepen in functie : plaatbeluchters, ventilatoren, luchtleidingen en -filters : leidingwerk en appendages : gebouwwolume : energievoorziening : algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)			

#### 5.4.2 Bouwkosten plaatbeluchting

Voor een vergaande verwijdering van methaan uit grondwater wordt onder meer plaatbeluchting ingezet. Vergaande methaanverwijdering (eindconcentratie  $\leq 0,1$  mg/l) is noodzakelijk om de groei van ongewenste methaanreducerende bacteriën op de zandfilters te voorkomen. Methaanreducerende bacteriën kunnen aanleiding geven tot problemen met de ammoniumverwijdering (onvolledige nitrificatie) en met een overmatige groei van aeromonas bacteriën. In sommige gevallen dient methaan voor 99% te worden verwijderd. Een dergelijk verwijderingsrendement kan moeilijk worden gerealiseerd met cascades of hogedrukversproeiing.

Bij plaatbeluchting wordt het ruwe grondwater over een geperforeerde plaat geleid. De toegepaste oppervlaktebelasting ligt in de range  $30-35$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h. Door de plaat heen wordt een luchtstroom in stand gehouden (haaks op de waterstroom). Veelal wordt, om een te hoge koolzuuruitdrijving te voorkomen, een recirculatie van lucht toegepast. Het typische luchtdebiet door de plaat is 50 maal groter dan het waterdebiet. De RQ (lucht/water verhouding van de verversingslucht) is veelal circa 10.

De kostenafhankelijke parameter voor plaatbeluchting is het ontwerpdebiet.



**Bouwkostenfunctie torenbeluchting**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	40%	48%	59%
WTB	38%	46%	52%
ET	3%	5%	9%
prijspeil : heden nauwkeurigheid : 25% werkingsgebied : 200 m <sup>3</sup> /h tot 2.500 m <sup>3</sup> /h			
inbegrepen in functie : torenbeluchters, ventilatoren, luchtleidingen en -filters : leidingwerk en appendages : gebouwwolume (binnenopstelling) : energievoorziening voor de ventilatoren : algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie) : pakkingsmedium			

### 5.4.3 Bouwkosten torenbeluchting

Torenbeluchting wordt voornamelijk toegepast voor conditionering (uitdrijven van CO<sub>2</sub>). CO<sub>2</sub> wordt uit het water uitgedreven door een veelvuldige vernieuwing van het contactoppervlak lucht/water te realiseren. Dit gebeurt door het water over een bed met een pakkingsmedium te leiden.

Een beluchtingstoren is een kolom van kunststof of staal, die is gevuld met een pakking. De pakking kan variëren van houten latten tot speciaal daartoe ontworpen pakkingsmateriaal. Boven in de toren wordt het water verdeeld, waarna het over het pakkingsmateriaal naar beneden valt. Door de stroming over het pakkingsmateriaal en het steeds opnieuw vormen van waterdruppels ontstaat een groot contactoppervlak tussen lucht en water. Ondertussen wordt de lucht in de toren continu ververst.

Beluchtingstorens kunnen als meestroom- en als tegenstroombeluchters worden gerealiseerd. Tegenstroombeluchting leidt tot een beter rendement door een gunstiger verhouding tussen de CO<sub>2</sub>-concentratie in de luchtstroom en de waterstroom. De typische oppervlaktebelasting voor torenbeluchting bedraagt 80 - 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h. Veelal wordt, bij tegenstroomsbeluchting, een verhouding luchtdebiet/waterdebiet (RQ) aangehouden van 10. De hoogte van het bed vulmedium is 2 tot 3 m.

Als kostenafhankelijke parameter wordt uitgegaan van het ontwerpdebiet.

De bouwkosten voor torenbeluchting kunnen sterk uiteenlopen door keuzes tijdens het ontwerp:

- torenbeluchters in staal of kunststof;
- fundatie van de torens (vlakke vloer of op poeren);
- binnen- of buitenopstelling.



**Bouwkostenfunctie vlokvorming**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	35%	40%	45%
WTB	35%	40%	50%
ET	15%	20%	25%
prijspeil	: heden		
nauwkeurigheid	: 25%		
werkingsgebied	: van 240 m <sup>3</sup> inhoud tot 3.720 m <sup>3</sup> inhoud		
inbegrepen in functie	: vlokvormingsruimte(n), inclusief roerwerken : chemicaliëndosering, inclusief chemicaliënopslag : menginrichting : gebouwwolume : energievoorziening : algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)		

**5.4.4 Bouwkosten vlokvorming**

Vlokvorming wordt toegepast bij de zuivering van oppervlaktwater en bij de behandeling van spoelwater. Vlokvorming vindt veelal plaats vóór bezinking of flotatie en heeft tot doel kleine deeltjes in te vangen met behulp van vlokken.

Vlokvorming wordt bereikt door dosering van een vlokmiddel (ijzer- of aluminiumzout), eventueel met vlokhulpmiddelen. Na de (snelle) menging van ruw water en vlokmiddelen, vindt aangroei van de vlokken plaats in de vlokvormingsruimte. In deze vlokvormingsruimten wordt energie ingebracht met behulp van roerwerken. Veelal worden gecompartmenteerde vlokvormingsruimten toegepast.

De bouwkosten voor vlokvorming worden voornamelijk bepaald door de verblijftijd in de flocculatieruimte(n). In de praktijk worden vlokvormingstijden van 10 - 30 minuten toegepast. Uit het ontwerpdebiet en de vlokvormingstijd volgt dan de inhoud van de vlokvormingsruimte. De inhoud is als kostenbepalende parameter gehanteerd in de afgeleide bouwkostenfunctie.



**Bouwkostenfunctie lamellenbezinking**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	45%	45%	55%
WTB	35%	40%	45%
ET	5%	10%	15%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 125 m<sup>2</sup> tot 9.400 m<sup>2</sup></p>			
<p>inbegrepen in functie : lamellenpakketten, inclusief bakken met slibconussen</p> <p>: slibafvoerpompen, evt. met slibindickers</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorziening</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p>			

#### 5.4.5 Bouwkosten lamellenbezinking

Lamellenbezinking wordt in de praktijk toegepast bij de oppervlaktewaterbehandeling en de spoelwaterbehandeling. Bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater wordt bezinking toegepast na vlokvorming. Het doel van bezinking is het verwijderen van vlokken, zand en klei. Bezinking is gebaseerd op de verschillen in dichtheid tussen deze zwevende deeltjes en het water. In de praktijk blijkt dat het rendement van de bezinking onafhankelijk is van de hoogte van de bezinktank. Het is derhalve mogelijk om in de bezinkbak platen (lamellen) aan te brengen, waardoor meer bezinkoppervlak geboden wordt. Hierdoor kan een factor 10 – 20 worden bespaard aan bouwvolume.

De lamellen worden schuin geplaatst ( $55^{\circ}$  –  $60^{\circ}$ ), zodat het bezonken materiaal naar beneden zakt. Het bezonken slib wordt in slibconussen onder de lamellen verzameld. In de slibconussen vindt een natuurlijke indikking plaats die soms door ruimers wordt bevorderd. Vanuit de slibconussen wordt het slib afgevoerd naar de slibverwerking. Veelal wordt het slib met behulp van slibpompen periodiek afgevoerd.

De typische oppervlaktebelasting bedraagt 0,8 - 1,0 m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup> bezinkoppervlak.

Het bezinkoppervlak wordt als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.





**Bouwkostenfunctie flotatie**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	45%	50%	55%
WTB	25%	30%	35%
ET	15%	20%	25%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 40%</p> <p>werkingsgebied : van 58 m<sup>2</sup> tot 390 m<sup>2</sup></p>			
<p>inbegrepen in functie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>: flotatie units</li> <li>: flotatie skimmers</li> <li>: saturatielucht voorzieningen</li> <li>: gebouwwolume</li> <li>: energievoorziening</li> <li>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</li> </ul>			

#### 5.4.6 Bouwkosten flotatie

Flotatie wordt toegepast bij de zuivering van oppervlaktewater. Flotatie is een vlokverwijderingstechniek en wordt dus altijd voorafgegaan door vlokvorming. Evenals bij bezinking is flotatie gebaseerd op de dichtheidsverschillen van de zwevende deeltjes en water. Bij flotatie worden de gevormde vlokken echter door opdrijving verwijderd. Deze opdrijving wordt gerealiseerd door de toevoeging van (onder druk) gesatureerd water onder in de flotatie-units. Door ontspanning ontstaan daarbij kleine luchtbellen die zich aan de vlokken hechten.

De verblijftijd van het water in de flotatie-units bedraagt in de praktijk circa 10 - 15 minuten. In de Nederlandse praktijktoepassingen loopt de diepte van de flotatiebakken uiteen van 1,8 tot 3,5 m. De oppervlaktebelasting ligt daarbij globaal in de range van 7 tot 17 m/h.



**Bouwkostenfunctie snelfiltratie (open filters)**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	37%	52%	65%
WTB	26%	33%	39%
ET	5%	15%	25%
prijspeil	: heden		
nauwkeurigheid	: 25%		
werkingsgebied	: van 80 m <sup>2</sup> tot 566 m <sup>2</sup> , minimaal 4 filters		
inbegrepen in functie	: filters, inclusief regelapparatuur/besturing		
	: leidingwerk en appendages		
	: spoelwaterpompen en (schoon) spoelwaterbuffer		
	: blowers		
	: gebouwwolume		
	: energievoorzieningen		
	: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)		
	: filtermateriaal		

#### 5.4.7 Bouwkosten snelfiltratie (open filters)

Snelfiltratie is een veelvoorkomende zuiveringsstap in zowel grondwaterzuivering als oppervlaktewaterzuivering. Bij de zuivering van grondwater zijn de snelfilters meestal geplaatst na een beluchtingsstap om ijzervlokken, mangaan en ammonium te verwijderen. In de oppervlaktewaterzuivering wordt de snelfilter na de vlokverwijdering (lamellenbezinking of flotatie) geplaatst om de resterende vlokken te verwijderen. Andere toepassingen zijn: carry-overfiltratie na ontharding met pelletreactoren, marmerfiltratie en het opbrengen van een laag actieve kool boven op de zandlaag voor conditionering.

Bij filtratie wordt het te zuiveren water geleid over een filterbed. Het filtermateriaal bestaat veelal uit zand of een combinatie van antraciet en zand. Zwevende stoffen worden afgevangen, stoffen worden biochemisch omgezet en pathogene organismen worden verwijderd. De filters moeten periodiek teruggespoeld worden om de afgevangen zwevende stof te verwijderen.

Bij filtratiesnelheden vanaf ca. enkele meters per uur wordt gesproken van snelfiltratie (i.t.t. langzame zandfiltratie met een filtratiesnelheid van  $< 1$  m/h). De belangrijkste ontwerpparameter bij snelfiltratie is de filtratiesnelheid (m/h). De bouwkostenfunctie is samengesteld op basis van gerealiseerde projecten met ontwerp-filtratiesnelheden in de range van 4 - 9 m/h. Omdat de filtratiesnelheid voor verschillende toepassingen sterk uiteen kan lopen (ontijzering, polishing, directe filtratie, opharding met marmer), wordt niet het debiet maar het netto filteroppervlak als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.

De kosten voor snelfiltratie zijn onder meer afhankelijk van de uitvoeringsvorm. De hier gepresenteerde kostenfunctie is gebaseerd op open betonnen filters.

NB. De kosten voor filtermateriaal zijn inbegrepen en hangt ondermeer af van de functie van het filter.

**Bouwkostenfunctie snelfiltratie (drukfilters)**

prijspeil	: heden
nauwkeurigheid	: 25%
werkingsgebied	: van 40 m <sup>2</sup> tot 450 m <sup>2</sup>
inbegrepen in functie	: filters, inclusief regelapparatuur/besturing
	: leidingwerk en appendages
	: spoelwaterpompen en (schoon) spoelwaterbuffer
	: blowers
	: gebouwwolume
	: energievoorzieningen
	: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)
	: filtermateriaal

### **Bouwkosten snelfiltratie (drukfilters)**

Snelfiltratie is een veelvoorkomende zuiveringsstap in zowel grondwaterzuivering als oppervlaktewaterzuivering. Bij de zuivering van grondwater zijn de snelfilters meestal geplaatst na een beluchtingsstap om ijzervlokken, mangaan en ammonium te verwijderen. In de oppervlaktewaterzuivering wordt de snelfilter na de vlokverwijdering (lamellenbezinking of flotatie) geplaatst om de resterende vlokken te verwijderen. Andere toepassingen zijn: carry-overfiltratie na ontharding met pelletreactoren en marmerfiltratie voor conditionering.

Bij filtratie wordt het te zuiveren water geleid over een filterbed. Het filtermateriaal bestaat veelal uit zand of een combinatie van antraciet en zand. Zwevende stoffen worden afgevangen, stoffen worden biochemisch omgezet en pathogene organismen worden verwijderd. De filters moeten periodiek teruggespoeld worden om de afgevangen zwevende stof te verwijderen.

Bij filtratiesnelheden vanaf ca. enkele meters per uur wordt gesproken van snelfiltratie (i.t.t. langzame zandfiltratie met een filtratiesnelheid van  $< 1$  m/h). De belangrijkste ontwerpparameter bij snelfiltratie is de filtratiesnelheid (m/h). De bouwkostenfunctie is samengesteld op basis van gerealiseerde projecten met ontwerp-filtratiesnelheden in de range van 10 - 20 m/h. Omdat de filtratiesnelheid voor verschillende toepassingen sterk uiteen kan lopen (ontijzering, polishing, directe filtratie), wordt niet het debiet maar het netto filteroppervlak als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.

De kosten voor snelfiltratie zijn onder meer afhankelijk van de uitvoeringsvorm. De hier gepresenteerde kostenfunctie is gebaseerd op gesloten stalen filters. Kenmerkend voor deze stalen filters is de hogere filtratiesnelheid (10 – 20 m/h).

NB. In de berekening zijn de kosten voor de eerste vulling met filterzand meegenomen.

**Bouwkostenfunctie microfiltratie/ultrafiltratie**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	16%	27%	32%
WTB	42%	46%	57%
ET	17%	27%	36%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 900 m<sup>2</sup> tot 26.880 m<sup>2</sup>, voedingsdebiet van 100 m<sup>3</sup>/h tot 3.040 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : membranen, drukvaten, inclusief regelapparatuur</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: voedingspompen</p> <p>: reinigingsvoorzieningen (terugspoelpomp, buffer etc.)</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorzieningen</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p>			

#### 5.4.8 Bouwkosten microfiltratie/ultrafiltratie

Microfiltratie/ultrafiltratie wordt in de drinkwaterbereiding in praktijk ingezet als voorzuivering van oppervlaktewater en voor de behandeling van spoelwater. In de bereiding van drinkwater of hoogwaardig proceswater kan microfiltratie/ultrafiltratie gebruikt worden als voorzuivering voor nanofiltratie/hyperfiltratie.

De belangrijkste ontwerpparameter voor microfiltratie/ultrafiltratie is de flux. De flux is het geproduceerde volume per m<sup>2</sup> membraanoppervlak per uur (l/m<sup>2</sup>.h). De bouwkostenfunctie voor microfiltratie/ultrafiltratie is gebaseerd op gerealiseerde projecten met een ontwerpflux van 100-120 l/m<sup>2</sup>.h.

De flux voor verschillende toepassingen kan sterk uiteen lopen. Voedingswater met een lage vervuilingspotentie kan behandeld worden met een hogere flux (100-120 l/m<sup>2</sup>.h), dan voedingswater met een hoge vervuilingspotentie (50-70 l/m<sup>2</sup>.h).

De bouwkosten voor microfiltratie en ultrafiltratie kunnen sterk verschillen door keuzes tijdens het ontwerp:

- type membraan, membraanoppervlak per module;
- luxe gebouwwontwerp (ruimte, architectonisch) versus sober ontwerp (industrial).

NB. In de kostenfunctie zijn de kosten voor de membranen geraamd. Voor de afschrijvingstermijn van deze membranen wordt doorgaans 5 jaar genomen.





**Bouwkostenfunctie ontharding**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	32%	37%	48%
WTB	33%	44%	58%
ET	7%	19%	27%
prijspeil : heden nauwkeurigheid : 25% werkingsgebied : van 200 m <sup>3</sup> /h tot 7.200 m <sup>3</sup> /h, minimaal 2 reactoren			
inbegrepen in functie : reactoren, incl. regelapparatuur en besturing : leidingwerk en appendages : voedingspompen : opslag- en doseervoorzieningen chemicaliën, incl. pelletopslag, entzandopslag, entzandwasser etc. : gebouwwolume : energievoorzieningen : algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)			
niet inbegrepen : entzand			

**5.4.9 Bouwkosten ontharding**

Om kalkafzetting in leidingwerk, huishoudelijke apparatuur en verwarmingsinstallaties te voorkomen kan het water onthard worden. De hardheid van het water in Nederland ligt in de range 0,5 – 5,0 mmol/l (3 – 30 °dH). Gestreefd wordt naar een hardheid tussen 1,5 en 2,5 mmol/l. Bij ontharding is de eindhardheid die bereikt wordt minimaal 0,5 mmol/l. Doorgaans wordt dan ook onthard in deelstroom, zodanig dat onder maatgevende omstandigheden de streefwaarde bereikt wordt.

Ontharding met korrelreactoren vindt in Nederland voornamelijk plaats met natronloog of kalk(melk). Door verschuiving van het zogenaamde kalk-koolzuurevenwicht treedt in de reactor kristalvorming (kalkafzetting) op aan het oppervlak van het entzand. De kalkpeltlets die worden gevormd, worden afgetapt.

De opwaartse snelheid in de reactoren bedraagt voor ontharding met kalk 80-100 m/h, voor ontharding met NaOH 100 – 120 m/h (Nederlandse referenties). Indien de onthardings-reactoren met een variabele opwaartse snelheid worden bedreven, geldt als minimum 60 m/h en als maximum 120 m/h.

Het ontwerpdebiet is als kostenafhankelijke parameter gekozen, omdat deze een redelijke afspiegeling geeft van het aantal reactoren en reactoroppervlak (kostenbepalend). De bouwkosten voor ontharding blijken evenzeer afhankelijk te zijn van:

- de uitvoeringsvorm van de reactoren (spiractor, flappenbodem, doppenbodem)
- de hoogte van de reactoren (afhankelijk van onthardingschemicalie)
- de ruimte in het gebouw en het architectonisch ontwerp
- het toepassen van een by-pass bedrijf waarbij een deel van de stroom diep wordt onthard en later weer opgemengd met het debiet over de by-pass om de gewenste eindhardheid te verkrijgen. De investeringskosten kunnen op deze manier sterk verlaagd worden.



**Bouwkostenfunctie ozonisatie**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	15%	20%	25%
WTB	50%	55%	60%
ET	20%	25%	30%
prijspeil : heden nauwkeurigheid : 25% werkingsgebied : van 5 kg/h tot 60 kg/h			
inbegrepen in functie : ozoncontactruimte : leidingwerk en appendages : ozongeneratoren : gebouwwolume : energievoorzieningen : algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)			

**5.4.10 Bouwkosten ozonisatie**

Ozonisatie wordt toegepast ten behoeve van desinfectie en de oxidatie van organische (micro)verontreinigingen. In Nederland wordt ozonisatie toegepast in combinatie met actievekoolfiltratie. Door het contact met ozon worden organische stoffen deels of geheel afgebroken, waarna in de koolfilters de verwijdering/biologische omzetting van de restproducten plaatsvindt.

De toegepaste ozondosering ligt in de range 0,5 - 1,5 mg/l. De verblijftijd van het water in de ozoncontactruimte ligt in de range van 5 tot 15 minuten.

De bouwkostenfunctie voor ozonisatie is gerelateerd aan de ozonproductie (kg ozon/h).



**Bouwkostenfunctie actieve koolfiltratie**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	31%	46%	61%
WTB	27%	37%	46%
ET	4%	17%	24%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 30%</p> <p>werkingsgebied : van 72 m<sup>3</sup> tot 5.760 m<sup>3</sup>, minimaal 3 filters</p>			
<p>inbegrepen in functie : filters, inclusief regelapparatuur/besturing</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: spoelwaterpompen en (schoon) spoelwaterbuffer</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorzieningen</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p> <p>: actieve kool</p>			

#### 5.4.11 Bouwkosten actieve koolfiltratie

Actieve kool heeft een adsorberende werking en wordt daarom veelvuldig toegepast ten behoeve van verwijdering van organische microverontreinigingen en de verbetering van de geur en de smaak. Daarnaast wordt actieve koolfiltratie ook toegepast als biologische zuiveringsstap (al dan niet vooraf gegaan van ozonisatie). De nadruk ligt dan op de verwijdering van DOC en AOC.

De toe te passen contact tijd is afhankelijk van de toepassing en ligt in de praktijk veelal tussen 10 en 30 minuten (bij het ontwerpdebiet).

Actieve koolfiltratie wordt toegepast bij zeer uiteenlopende filtratiesnelheden en bedhoogten. Daarom wordt bij de bepaling van de bouwkostenfunctie, het koolvolume als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.

De bouwkosten voor actieve koolfiltratie zijn sterk afhankelijk van de uitvoeringsvorm:

- uitvoering filters in beton of in staal;
- opstelling filters buiten of binnen;
- luxe gebouwoontwerp (ruimte, architectonisch) versus sober gebouwoontwerp.



**Bouwkostenfunctie UV-desinfectie**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	5%	8%	10%
WTB	60%	72%	85%
ET	15%	20%	25%

prijspeil	:	heden
nauwkeurigheid	:	25%
werkingsgebied	:	van 100 m <sup>3</sup> /h tot 3.200 m <sup>3</sup> /h

inbegrepen in functie	:	UV-lampen en stralingskamers, regelapparatuur, besturing
	:	leidingwerk en appendages
	:	reinigingsvoorzieningen
	:	gebouwwolume
	:	energievoorzieningen (en energiecontrole)
	:	algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)

#### 5.4.12 Bouwkosten UV-desinfectie

De desinfectie met UV-licht berust op inactivering/afdoding van micro-organismen door beschadiging van nucleinezuren (DNA, RNA) en beschadiging van de celwand. Bacterie-sporen en parasieten zijn moeilijk af te doden. UV-desinfectie wordt in de praktijk toegepast voor verlaging van koloniegetallen (na actieve koolfiltratie of ultrafiltratie bij spoelwaterbehandeling), afdoding van aeromonas-bacteriën.

De belangrijkste ontwerpparameters voor UV-desinfectie zijn de dosis ( $D$  in  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ) en de transmissie ( $T_{10}$  in %). Twee typen UV-installaties kunnen worden onderscheiden:

- hoge (midden) druk systemen (gering aantal lampen met hoog vermogen per lamp);
- lage druk systemen (groot aantal lampen met een gering vermogen per lamp).

Bij de lage druk systemen is het totaal opgestelde vermogen voor een vergelijkbare dosering circa 6 maal lager in vergelijking met hoge druk systemen. De installatie zelf (behuizing) is echter omvangrijker bij lagedruk systemen.

Het debiet is als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.

De bouwkosten voor UV-desinfectie kunnen verschillen door keuzes tijdens het ontwerp, zoals het aantal elementen (straten), de systeemkeuze en de uitvoering (luxe of sober).





**Bouwkostenfunctie langzame zandfiltratie**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	85%	90%	95%
WTB	5%	8%	10%
ET	0%	3%	5%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 30%</p> <p>werkingsgebied : van 720 m<sup>2</sup> tot 7.260 m<sup>2</sup>, minimaal 4 filters</p>			
<p>inbegrepen in functie : filters</p> <p>: leidingwerk en appendages (drains)</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorzieningen</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p> <p>: filterzand</p>			

#### 5.4.13 Bouwkosten langzame zandfiltratie

Langzame zandfiltratie wordt in Nederland door 4 waterleidingbedrijven ingezet voor de productie van drinkwater. Vooral voor het garanderen van de hygiënische betrouwbaarheid is langzame zandfiltratie een geschikte en zeer robuuste techniek. Langzame zandfiltratie wordt altijd als laatste zuiveringsstap toegepast.

De filters zijn niet voorzien van terugspoelvoorzieningen en kunnen derhalve alleen worden belast met een lage vuillast. De filters zijn niet voorzien van een doppenbodem, maar van een drainagesysteem. Het filtraat wordt door middel van drains, liggend in een grindlaag onder het filterbed, verzameld en afgevoerd. Periodiek worden de filters geschrapt en wordt het filterbed aangevuld met nieuw zand.

De filtratiesnelheid voor langzame zandfiltratie ligt veelal in de range 0,3 tot 0,5 m/h, zodat het benodigde filteroppervlak, en daarmee samenhangend het gebouwvolume, hoog is.



**Bouwkostenfunctie nanofiltratie/hyperfiltratie (lage druk)**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	14%	22%	31%
WTB	41%	52%	71%
ET	14%	26%	32%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 12.000 m<sup>2</sup> tot 76.000 m<sup>2</sup>, voedingsdebiet van 340 m<sup>3</sup>/h tot 2.800 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : membranen, drukvaten, inclusief regelapparatuur</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: voedingspompen en kaarsenfilters</p> <p>: reinigingsvoorzieningen (terugspoelpomp, buffer etc.)</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorzieningen</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p> <p>niet inbegrepen : voor- en nazuivering, concentraatbehandeling</p>			

#### 5.4.14 Bouwkosten nanofiltratie/hyperfiltratie (lage druk)

Hyperfiltratie is een geschikte techniek voor ontzouting, desinfectie en verwijdering van organische microverontreinigingen. Nanofiltratie wordt toegepast voor ontharding in combinatie met kleurverwijdering. Daarnaast kan nanofiltratie ingezet worden bij de verwijdering van organische microverontreinigingen.

De meest toegepaste nano- en hyperfiltratiemembranen zijn de spiralwound elementen, geplaatst in drukvaten (veelal 6 - 7 per drukvat). De benodigde drukken lopen uiteen van 5-10 bar voor nanofiltratie en 10-20 bar voor hyperfiltratie 10-20 bar bij brakwater toepassingen (bij zeewaterontzouting met hyperfiltratie liggen de drukken veel hoger). De recovery – dat is de verhouding tussen geproduceerd water en voedingswater – bedraagt circa. 75 – 85 %.

De belangrijkste ontwerpparameter voor nano- en hyperfiltratie is de flux ( $l/m^2.h$ ). De bouwkostenfunctie voor nano- en hyperfiltratie is gebaseerd op een aantal gerealiseerde projecten in Nederland en de VS. Omdat de flux kan variëren van 20-40  $l/m^2.h$  wordt, naast het voedingsdebiet, het membraanoppervlak als kostenafhankelijke parameter gehanteerd.

De bouwkosten voor nano- en hyperfiltratie kunnen sterk verschillen door keuzes tijdens het ontwerp:

- type membraan, membraanoppervlak per module;
- luxe gebouwo ontwerp (ruimte, architectonisch) versus sober ontwerp (industriehal).

NB. Niet in de bouwkosten opgenomen zijn eventuele voorzuivering van het voedingswater (met bijvoorbeeld snelfiltratie of ultrafiltratie) en nazuivering van het permeaat (met bijvoorbeeld marmerfiltratie en UV). Wel in de kostenfunctie opgenomen zijn de voorgeschakelde kaarsenfilters (cartridgefilters).

NB. Niet in de bouwkosten opgenomen zijn de voorzieningen die benodigd zijn om het concentraat te behandelen, te lozen of in de bodem te injecteren.

**Bouwkostenfunctie zeewaterontzouting met hyperfiltratie (hoge druk)**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	15%	20%	25%
WTB	40%	60%	75%
ET	15%	20%	30%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : +/- 50%</p> <p>werkingsgebied : 300 – 3000 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : membranen, drukvaten, inclusief regelapparatuur</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: voedingspompen en kaarsenfilters</p> <p>: reinigingsvoorzieningen (terugspoelpomp, buffer etc.)</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorzieningen</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p> <p>niet inbegrepen : voor- en nazuivering</p>			

#### 5.4.15 Bouwkosten zeewaterontzouting met hyperfiltratie (hoge druk)

Voor het ontzouten van zeewater kan hyperfiltratie – ook wel Reversed Osmosis (RO) – worden toegepast (naast destillatietechnieken als MSF, MED en VC). Na de ontzouting blijft een licht brak permeaat over, dat met behulp van nanofiltratie of lage druk hyperfiltratie verder ontzout kan worden. Het geproduceerde water bevat vrijwel geen bufferend vermogen meer, waardoor uitgebreide nabehandeling noodzakelijk is om het water geschikt te maken voor transport en distributie. De membranen zijn zeer kwetsbaar voor zwevend en colloïdaal materiaal, waardoor een uitgebreide voorbehandeling noodzakelijk is (snelfiltratie en/of ultrafiltratie).

De netto benodigde druk bedraagt 40 – 80 bar, afhankelijk van het zoutgehalte van het zeewater. Vanwege de hoge bedrijfsdruk en om eventuele scaling te voorkomen wordt de recovery beperkt tot 40 – 50 %. Er komt derhalve een grote stroom concentraat vrij onder hoge druk. Door gebruik van turbines of meer geavanceerde technieken kan een aanzienlijk deel van deze energie nuttig worden hergebruikt (tot meer dan 95%).

De belangrijkste ontwerpparameter voor zeewaterontzouting met hyperfiltratie is de flux ( $l/m^2.h$ ). De bouwkostenfunctie voor de hoge druk hyperfiltratie is gebaseerd op een aantal gerealiseerde projecten in de VS en de Nederlandse Antillen. Het zoutgehalte van het behandelde zeewater bedraagt 43 g/l (het permeaat heeft een zoutgehalte van 1 g/l), de flux van de beschouwde zeewaterontzoutingplants is ongeveer  $15 l/m^2.h$ .

NB. Niet in de bouwkosten opgenomen zijn de voorzuivering van het voedingswater (met bijvoorbeeld snelfiltratie of ultrafiltratie) en nazuivering van het permeaat (met bijvoorbeeld marmerfiltratie en UV). Wel in de kostenfunctie opgenomen zijn de voorgeschakelde kaarsenfilters (cartridgefilters).

**Bouwkostenfunctie conventionele spoelwaterbehandeling**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	28%	40%	57%
WTB	32%	45%	59%
ET	11%	15%	19%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 30%</p> <p>werkingsgebied : van 40 m<sup>3</sup>/h tot 350 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : vuilspoelwaterbuffer, incl. mengers en zandvang</p> <p>: vlokvorming (opslag en doseerinrichting)</p> <p>: vlokverwijdering</p> <p>: Snelfiltratie, UV-desinfectie</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>: energievoorzieningen</p> <p>: algemene voorzieningen (verlichting, verwarming, koeling, ventilatie)</p> <p>Niet inbegrepen in functie : slibverwerkingskosten</p>			

## 5.5 Spoelwater- en slibbehandeling

### 5.5.1 Spoelwaterbehandeling

Het spoelwater van zandfilters wordt in Nederland in toenemende mate hergebruikt. Het spoelwater wordt daarbij veelal direct gezuiverd tot drinkwater. In principe zijn er 2 mogelijkheden om het spoelwater direct te zuiveren tot drinkwater:

- conventionele methode (vlokvorming, vlokverwijdering, snelfiltratie, UV-desinfectie);
- membraanfiltratie (ultrafiltratie gevolgd door UV-desinfectie).

Beide zuiveringsprincipes worden voorafgegaan door een zandvang/buffer.

Daarnaast wordt ook wel spoelwater behandeld met behulp van Dynasand filters. In deze kostenfunctie is alleen de bouwkostenfunctie voor de conventionele behandeling gegeven. De bouwkosten voor de behandeling met ultrafiltratie/UV-desinfectie kunnen worden bepaald met de bouwkostenfuncties voor ultrafiltratie en UV-desinfectie.

De bouwkosten worden sterk bepaald door:

- grootte van de spoelwaterbuffer
- redundantie (aantal straten voor buffering en zuivering)
- de verhouding inhoud vuilspoelwaterbuffer en verwerkingscapaciteit
- enkele of dubbele snelfiltratie





**Bouwkostenfunctie spoelwaterbuffer/slibbuffer**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	62%	76%	86%
WTB	8%	19%	33%
ET	3%	6%	14%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 30%</p> <p>werkingsgebied : van 350 m<sup>3</sup> tot 900 m<sup>3</sup></p>			
<p>inbegrepen in functie : vuilspoelwaterbuffer, incl. mengers en zandvang of slibbuffer, incl. slibafzuigstelsysteem</p> <p>niet inbegrepen in functie : vlokvorming (opslag en doseerinrichting) slibverwerkingskosten</p>			

### 5.5.2 Bouwkosten spoelwaterbuffer/slibbuffer

Als spoelwater niet wordt hergebruikt als drinkwater wordt vaak een spoelwaterbuffer (met vlokmiddeldosering) gebouwd. Een dergelijke spoelwaterbuffer maakt overigens ook deel uit van een spoelwaterhergebruikinstallatie. De overheid stelt eisen aan de wijze waarop slib wordt opgeslagen. Hierdoor verdwijnt de traditionele spoelwatervijver langzaam uit beeld.

De kosten voor een spoelwaterbuffer zijn vergelijkbaar met de kosten voor een slibbuffer. De kostenbepalende parameter is de netto inhoud van de buffer.

Kenmerkend verschil met een normale opslag is de hellende bodem, waardoor de slibafvoer wordt bevorderd.



### 5.5.3 Bouwkosten slibbehandeling

Sinds de invoering van procesmatige spoelwaterbehandeling op waterleidingbedrijven is de hoeveelheid slib die nuttig toegepast wordt gestaag toegenomen. Door de introductie van het Bouwstoffenbesluit is het mogelijk geworden om diverse reststoffen gecertificeerd als bouwvulstof toe te passen. Hierdoor is het mogelijk om grote hoeveelheden drinkwaterslib toe te passen in zogenaamde werken (bijvoorbeeld een geluidswal). In de afgelopen jaren is deze mogelijkheid aangegrepen om oude voorraden drinkwaterslib af te voeren. Deze vorm van afzet is echter sterk afhankelijk van het in uitvoering zijn van dergelijke werken.

Voor een meer structurele afvoer van het drinkwaterslib van de waterleidingbedrijven in Nederland heeft de Reststoffenunie diverse contracten met de waterleidingbedrijven en met de baksteenfabrikanten gesloten. Een andere nuttige toepassing van drinkwaterslib is corrosie preventie en stankbestrijding in de riolering en bij de slibgisting. Zowel de eisen met betrekking tot kwaliteit en beschikbaarheid, als de financiële verplichtingen van de waterleidingbedrijven kunnen per toepassing verschillen.

Om aan de vereiste kwaliteit te voldoen worden spoelwaterbuffers dikwijls overdekt om afvallend blad te weren. Na afscheiding van het slib van het water moet het slib verwerkt worden. Een slibverwerking bestaat tenminste uit de volgende onderdelen:

- indikking van het slib in een aparte indikker
- opslag van het slib in een aparte opslagtank of gecombineerd met de indikker
- een ontwateringsstap, veelal door derden uitgevoerd maar bij grote hoeveelheden met een eigen installatie
- transport van het slib naar stort- of verwerkingslocatie

De kosten voor slibverwerking zijn afhankelijk van de systeemopzet op te delen in bouwkosten en exploitatiekosten.

De bouwkosten kunnen bestaan uit:

- indikkers
- ontwateringsinstallaties

De exploitatiekosten kunnen bestaan uit:

- ontwateringskosten
- transportkosten
- stortkosten of afzetkosten

De bouwkosten worden hieronder toegelicht, terwijl de exploitatiekosten in paragraaf 6.3.5 aan de orde komen.

Het indikken van slib kan op vele manieren plaatsvinden. Gravitaire indikking tot een drogestofpercentage van 10% is de in de praktijk meestal toegepaste methode. Andere technieken zoals indikking met behulp van membranen zijn nog in ontwikkeling maar kunnen in de nabije toekomst een goed alternatief vormen voor gravitaire indikking.

Opslag van slib wordt veelal in aparte tanks gerealiseerd, maar kan ook gecombineerd worden met de indikking. De kosten voor indikking zijn afhankelijk van het benodigde indikvolume. Voor de bouwkosten van indikking kan uitgegaan worden van 300 - 500 €/m<sup>3</sup>, afhankelijk van het type bouw (industrieel/luxe). Hierin zijn tevens de kosten voor leidingwerk (drijvende aflat, slibruiming), bestrating en andere voorzieningen ten behoeve van de slibontwatering met behulp van mobiele ontwateringsinstallaties opgenomen.

Ontwateren in eigen beheer is meestal pas rendabel indien de slibvoorraden van meerdere pompstations centraal op één locatie worden ontwaterd. De beschikbare hoeveelheid slib is echter meestal te gering om op elk pompstation een vaste eigen ontwateringsinstallatie te kunnen bedrijven. Dit houdt in dat het veelal aantrekkelijker is om te kiezen voor mobiele ontwatering.

Wordt echter een ontwateringsstap toegevoegd aan de slibverwerking, dan zijn er meerdere mogelijkheden, waarvan de meest gangbare:

- centrifuge
- hydrocycloon
- kamerfilterpersen
- zeefbandpersen



**Bouwkostenfunctie reinwaterberging**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	82%	88%	100%
WTB	0%	10%	16%
ET	0%	2%	9%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 880 m<sup>3</sup> tot 12.000 m<sup>3</sup></p>			
<p>inbegrepen in functie : reinwaterberging(en), rechthoekig, in beton uitgevoerd</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: regelingen en beveiligingen</p> <p>: gebouwwolume (toegang voor onderhoud en inspectie)</p> <p>niet inbegrepen : Spoelwater volume indien snelfilters met reinwater gespoeld worden.</p>			

## 5.6 Opslag, transport en distributie

### 5.6.1 Bouwkosten reinwaterberging

De reinwaterberging dient als buffer om variaties in het waterverbruik af te vlakken, waardoor de winning en zuivering op een kleinere capaciteit kunnen worden ontworpen. Bovendien wordt met een constant debiet door de zuivering een constante waterkwaliteit behaald.

Als vuistregel voor het bepalen van de benodigde inhoud van reinwaterbergingen geldt:

- voor een dagberging (afvlakking van het uurverbruik over de dag):  
25% van de maximum dag
- voor een weekberging (afvlakking van het uurverbruik over de week):  
40-50% van de maximum dag

De bouwkosten voor reinwaterberging blijken afhankelijk te zijn van de inhoud. De bouwkostenfunctie is samengesteld op basis van gerealiseerde reinwaterbergingen in Nederland met 880 tot 12.000 m<sup>3</sup> inhoud.

De bouwkosten voor reinwaterberging worden bepaald door keuzes tijdens het ontwerp. Gedacht kan worden aan:

- aantal reinwaterbergingen
- uitvoeringsvorm (rond of rechthoekig, sober of artistiek)
- opstelling bovengronds of ondergronds
- bergingshoogte van de reinwaterberging
- funderingswijze (op staal of op palen)



**Bouwkostenfunctie reinwaterpompstations (hoge druk pompstations)**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	23%	42%	66%
WTB	14%	36%	52%
ET	5%	22%	41%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 25%</p> <p>werkingsgebied : van 600 m<sup>3</sup>/h tot 7.700 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : pompen, inclusief toerenregeling en beveiligingen</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: debiet- en kwaliteitsmetingen</p> <p>: waterslagvoorzieningen</p> <p>: energievoorziening</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>niet inbegrepen : noodstroomvoorziening</p>			



### 5.6.2 Bouwkosten reinwaterpompstations

Reinwaterpompstations brengen het reine water onder druk ten behoeve van transport of distributie. Om waterslag in de leidingen bij afslaan van een hogedrukpomp te voorkomen wordt een reinwaterpompstation veelal uitgerust met waterslagvoorzieningen.

De belangrijkste ontwerpparameter bij een hogedrukpompstation is het debiet.

De bouwkosten voor een hogedrukpompstation kunnen sterk verschillen door keuzes tijdens het ontwerp:

- aanlegdiepte (afhankelijk van de aanlegdiepte van de reinwaterberging);
- aantal (geplaatste) pompen;
- luxe gebouwo ontwerp (ruimte, architectonisch) versus sober ontwerp.

NB. Niet in de bouwkostenfunctie opgenomen zijn de bouwkosten voor noodstroomvoorziening.



prijspeil	: heden
nauwkeurigheid	: 30%
Werkingsgebied	: 200 – 1600mm diameter bouwkosten > €50.000,-
inbegrepen in functie	: leidingen (D500 mm: PVC, D600 - 1000 mm: beton) : sleuf graven, herstellen, aanvullen en verdichten : aanleg (incl. algemene kosten & winst en risico)
niet inbegrepen	: het zakelijk recht : Leges : desinfectie voor oplevering : tijdelijke voorzieningen t.a.v. wegafzettingen, omleidingen etc. : omleggen bestaande kabels en leidingen : bronnering : boringen ten behoeve van wegkruisingen, spoorwegkruisingen en waterwegkruisingen : zinkers ten behoeve van waterwegkruisingen

### 5.6.3 Bouwkosten leidingen

Transportleidingen worden gebruikt om drinkwater van een pompstation/reservoir naar een distributiegebied te transporteren waar het drinkwater gedistribueerd kan worden. Transportleidingen worden hoofdzakelijk uitgevoerd als geïsoleerde leidingen, dit houdt in dat er geen verbruikers direct op de leiding zijn aangesloten. Omdat het transport vaak plaatsvindt over lange afstanden dient de stroomsnelheid zo laag mogelijk te zijn, dit heeft echter wel tot gevolg dat de leiding met een grote diameter moet worden uitgevoerd. De meest economische diameter voor een transportleiding is de diameter waarbij de gemiddelde stroomsnelheid in de leiding circa 1 m/s is. Deze snelheid is derhalve een goede vuistregel voor het ontwerp van transportleidingen.

De bouwkosten voor transportleidingen worden sterk bepaald door:

- het traject (stad of buitengebied, veel of weinig eigenaren)
- de kwaliteit van de ondergrond (veen, klei of zand)
- de hoogte van de grondwaterstand
- aan- en afvoerwegen
- het aantal en de omvang van boringen en kunstwerken. (deze laatste bouwkosten zijn niet in de functie transportleidingen opgenomen.)

Voor het bepalen van de kosten van kruisingen kunnen de bouwkosten worden bepaald aan de hand van Tabel 5.1. Voor een juist gebruik van deze vuistregels wordt nadrukkelijk gewezen op de locatiespecifieke aspecten in de kolom ‘NIET inbegrepen’.

**Tabel 5.1**  
**Bouwkosten van kruisingen met verschillende type boringen**

Type boring	vuistregel	inbegrepen	NIET inbegrepen
Open frontboring spoorwegkruising	$2 \text{ à } 3,5 \times D \times L_k$	- kosten spoorveiligheid - kosten lokalisatie kabels en leidingen	- tijdelijke aan- en afvoerwegen - pers- en ontvangstuip
Open frontboring wegkruising	$1,1 \text{ à } 1,8 \times D \times L_k$		- tijdelijke aan- en afvoerwegen - pers- en ontvangstuip
Gesloten frontboring wegkruising	$1,1 \text{ à } 1,8 \times D \times L_k$		- tijdelijke aan- en afvoerwegen - pers- en ontvangstuip
Horizontal Directional Drilling (HDD)	$1,3 \text{ à } 1,6 \times D \times L_k$	- kosten lokalisatie kabels en leidingen	- tijdelijke voorzieningen - (de)mobilisatie boorunit
BK kruisingen : bouwkosten in miljoenen € D : diameter in <u>millimeters</u> L <sub>k</sub> : lengte kruising in <u>meters</u>			

Opmerkingen

- Bouwkosten pers- en ontvangstuip zijn locatiespecifiek (bemaling, bodemgesteldheid, ligging etc.), variërend van 60.000 – 125.000 €
- Mobilisatie/ demobilisatie boorunit, variërend van €15.000 – €25.000

**Bouwkostenfunctie boosterpompstations**

	minimum	gemiddeld	maximum
CT	15%	20%	25%
WTB	45%	50%	55%
ET	25%	30%	35%
<p>prijspeil : heden</p> <p>nauwkeurigheid : 30%</p> <p>werkingsgebied : van 50 m<sup>3</sup>/h tot 1.000 m<sup>3</sup>/h</p>			
<p>inbegrepen in functie : pompen, inclusief toerenregeling en beveiligingen</p> <p>: leidingwerk en appendages</p> <p>: waterslagvoorzieningen</p> <p>: energievoorziening</p> <p>: gebouwwolume</p> <p>niet inbegrepen : Noodstroomvoorziening, reinwaterberging</p>			

#### **5.6.4 Bouwkosten boosterpompstations**

Boosterpompstations worden gebruikt om de druk op een transportleiding of een deel van het distributienet te verhogen, en zo de leveringscapaciteit te vergroten. Een boosterpompstation is in principe een eenvoudig uitgevoerd reinwaterpompstation. Zo is er vaak geen reservestelling van de pompen en geen noodstroomvoorziening. Bovendien is de uitvoering in de meeste gevallen sober (klein sober afgewerkt gebouw, enkele leidingsystemen).

Als kostenafhankelijke parameter voor boosterstations wordt de opgestelde pompcapaciteit genomen.

NB. Niet in de bouwkostenfunctie inbegrepen zijn de kosten voor reinwaterberging en noodstroomvoorziening.







## 6 STANDAARDOPZET EXPLOITATIEKOSTEN

### 6.1 Inleiding

De exploitatiekosten omvatten alle kosten die een opdrachtgever heeft om de installatie in stand te houden en te bedrijven (incl. kapitaalslasten).

De exploitatiekosten worden volgens NEN 2632 verdeeld in:

- vaste kosten
- energiekosten (incl. water)
- onderhoudskosten
- administratieve beheerskosten
- specifieke bedrijfskosten

Door DHV Water wordt de volgende onderverdeling aangehouden:

- vaste kosten	[€jaar]
• rente en afschrijvingen	
• overige vaste kosten (w.o. heffingen)	
- verbruikskosten	[€jaar]
• energie en water	
• chemicaliën	
• overige verbruiksgoederen	
• afvoer afvalstoffen / afvalstromen	
• grondwaterbelasting	
- onderhoudskosten	[€jaar]
- administratieve beheerskosten	[€jaar]
• administratief personeel	
- specifieke bedrijfskosten	[€jaar]
• bedienend personeel	
• personeel voor onderhoud	
• analysekosten	
Totale exploitatiekosten (excl. BTW) €jaar	_____ + [€jaar]

De exploitatiekosten minus de vaste kosten worden ook wel aangeduid als bedrijfsvoeringkosten of variabele kosten.

## 6.2 Vaste kosten

Vaste kosten zijn de kosten die verbonden zijn aan het hebben van onroerend goed (installaties).

De vaste kosten bestaan uit:

- rente en afschrijving over:
  - de kosten voor verwerving van de bouwgrond (alleen rente)
  - de bruto bouwkosten civiel
  - de bruto bouwkosten werktuigbouw
  - de bruto bouwkosten elektrotechniek
  - de bruto inrichtingskosten
  
- overige vaste kosten, zoals:
  - erfpacht canon
  - huur
  - belastingen en andere heffingen
  - verzekeringskosten

De vaste kosten kunnen op 2 wijzen worden bepaald:

1. met behulp van lineaire afschrijving
2. met behulp van annuïtaire afschrijving

### ad 1. Lineaire afschrijving

Bij lineaire afschrijving wordt elk jaar een vast bedrag van de investering afgeschreven:

$$\text{Jaarlijkse afschrijving} = \text{investering} / \text{afschrijvingstermijn}$$

Het jaarlijks te betalen bedrag aan rente daalt lineair, als gevolg van de jaarlijkse afschrijving:

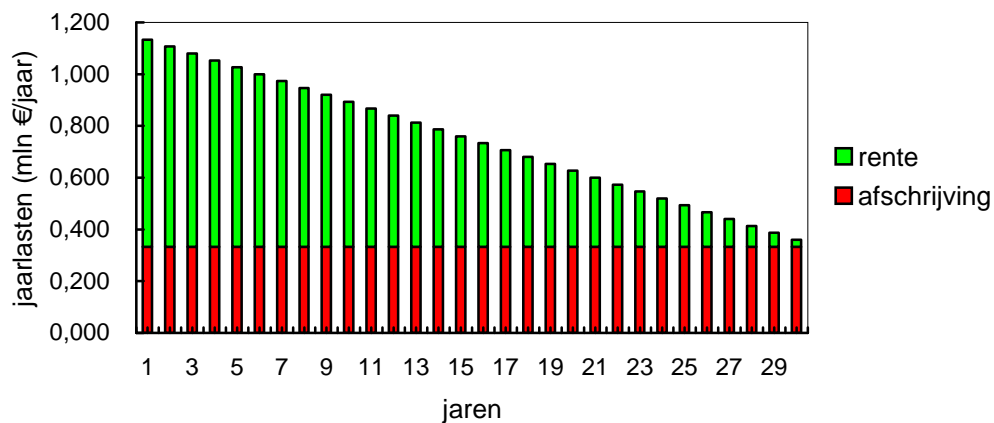
$$\text{Jaarlijkse rente} = \text{rentepercentage} * (\text{investering} - \text{aflossingen})$$

### Voorbeeld

Een investeringsbedrag van 10 miljoen € wordt over 30 jaar afgeschreven. De jaarlijkse afschrijving bedraagt dus  $10/30 = 0,333$  miljoen €. Het 1<sup>e</sup> jaar moet (bij een rentepercentage van 8%) 0,800 miljoen € aan rente worden betaald. Over het 30<sup>e</sup> jaar moet 0,027 miljoen € aan rente worden betaald. In Afbeelding 6.1 is deze lineaire afschrijving weergegeven.

Afbeelding 6.1

### Lineaire afschrijving over 30 jaar Investing 10 mln €, rente 8%



#### ad 2. Annuitaire afschrijving

Bij annuitaire afschrijving is het jaarlijks te betalen bedrag aan rente + afschrijving gelijk over de gehele afschrijvingsperiode:

$$Annuititeit = \frac{(1+r)^n * r}{(1+r)^n - 1} * investering$$

waarin:

$r$  rentepercentage  
 $n$  afschrijvingstermijn

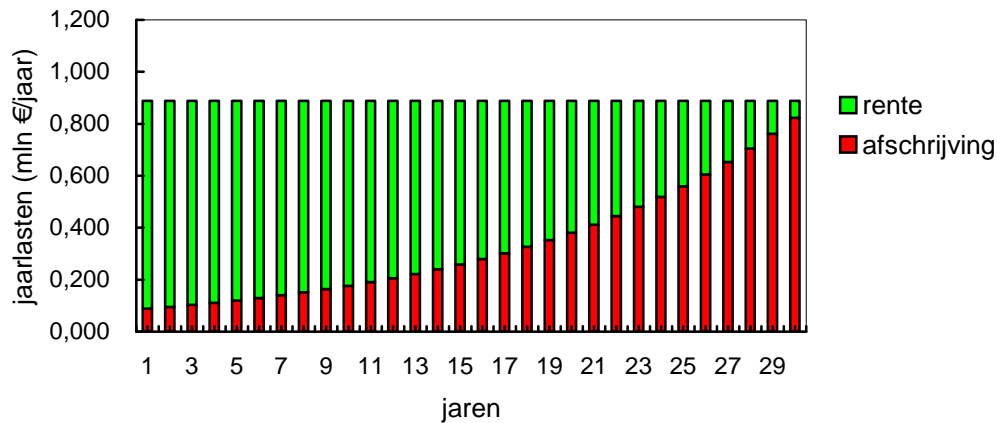
Het totaal jaarlijks te betalen geldbedrag is opgebouwd uit rente en afschrijving. In het eerste jaar wordt overwegend rente betaald, in het laatste jaar overwegend afgelost.

#### Voorbeeld

Een investeringsbedrag van 10 miljoen € wordt over 30 jaar afgeschreven. De jaarlijkse afschrijving + rente bedraagt, bij een rentepercentage van 8%, 0,888 miljoen €. De rente in het 1<sup>e</sup> jaar bedraagt 0,800 miljoen €, de afschrijving is 0,088 miljoen €. In het 30<sup>e</sup> jaar bedraagt de rente 0,066 miljoen € en de afschrijving 0,822 miljoen €. In Afbeelding 6.2 is het principe van annuitaire afschrijving weergegeven.

Afbeelding 6.2

### Annuitaire afschrijving over 30 jaar Investering 10 mln €, rente 8%



#### Vergelijking lineaire en annuïtaire afschrijving

De Netto Contante Waarde van de jaarlijks te betalen rente + afschrijving is bij beide afschrijvingsmethodieken gelijk. De totaal te betalen som (in €) is bij annuïtaire afschrijving echter hoger (26,65 miljoen € tegenover 22,40 miljoen € bij lineaire afschrijving). Dit effect wordt veroorzaakt door een afvlakking van de lasten over de afschrijvingstermijn (uitstel van kosten waarover extra rente is verschuldigd). Het voordeel van uitstel van kosten is dat de exploitatiekosten in het eerste jaar worden beperkt.

#### Voorbeeld

*Bij een jaarlijkse waterafzet van 2 miljoen m<sup>3</sup> bedragen de jaarlijkse vaste lasten bij lineaire afschrijving 0,57 €/m<sup>3</sup> in het 1<sup>e</sup> jaar (investering: 10 miljoen €, rente 8%). In het 30<sup>e</sup> jaar bedragen de vaste lasten 0,18 €/m<sup>3</sup>.*

*Bij annuïtaire afschrijving blijven de vaste lasten gelijk, nl. 0,44 €/m<sup>3</sup>.*

Annuïtaire afschrijving geeft dus een betere verdeling van de vaste lasten. Daarom wordt door DHV Water standaard de annuïtaire afschrijvingsmethode gebruikt voor de bepaling van de vaste lasten. De met de kostencalculator berekende alternatieven kunnen op deze manier beter met elkaar vergeleken worden.

## 6.3 Verbruikskosten

### 6.3.1 Algemeen

De verbruikskosten zijn de kosten voor verbruiksgoederen. Hieronder worden alle goederen verstaan die specifiek voor de verschillende processen worden verbruikt. Hieronder behoren ook de vervangingen van procesonderdelen (bijv. membranen, UV-lampen, zeefbanden). De verbruikskosten (excl. BTW) bestaan uit:

- energie en water
  - elektriciteit
  - brandstoffen (gas, olie)
  - stadsverwarming
  - water
  
- chemicaliën
  - zuren
  - basen
  - vlokmiddelen en vlokhulpmiddelen
  - oxidatieve stoffen
  - desinfecterende stoffen
  
- overige verbruiksgoederen
  - membraanvervanging
  - entzand ontharding
  - regeneratie en aanvulling actieve kool
  - marmerverbruik
  - vervanging filtermateriaal
  - vervanging UV-lampen
  
- afvoer afvalstoffen
  - verwerking/afvoer drinkwaterslib
  - afvoer onthardingskorrels
  - verwerking/afvoer concentraat membraanfiltratie
  - afvoer overige afvalstoffen (o.a. rioolheffingen)
  
- grondwaterbelasting

Tot de verbruiksgoederen worden niet de algemene onderhoudsstoffen begrepen (verf, smeerolie, gereedschappen e.d.). Deze worden verdisconteerd in de onderhoudskosten. De prijzen voor de verbruiksgoederen en afvalstoffen zijn sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. Van belang is hierbij bijvoorbeeld de grootte en de afname (bulktransport, kwantumkorting) en de afstand tot de productielocaties c.q. stortlocaties (transportkosten). Per project zal door de opdrachtgever aangegeven moeten worden welke eenheidsprijzen gehanteerd dienen te worden.

### 6.3.2 Energie

De energiekosten als gevolg van drukverliezen over de procesonderdelen kunnen bepaald worden met de volgende vergelijking:

$$\text{Energiekosten (€/jaar)} = 6 * \Delta H * P_{\text{kWh}} * Q_{\text{jaar}} * 10^{-3}$$

waarin:

$\Delta H$	opvoerhoogte (m <sub>wk</sub> )
$P_{\text{kWh}}$	energieprijs per kWh (DHV Water rekent standaard met 0,12 €/kWh)
$Q_{\text{jaar}}$	debiet op jaarbasis (m <sup>3</sup> /jaar)

De vergelijking is gebaseerd op de algemene formule voor energieberekening:

$$P = \frac{\rho * g * H}{\eta}$$

waarin:

$\rho$	1.000 kg/m <sup>3</sup> (soortelijke massa water)
$\eta$	0,7 (rendement pompen).

$\Delta H$  kan per procesonderdeel vastgesteld worden. Voor transportleidingen geldt bij benadering:

$$\Delta H = H * L = \frac{Q^2 * L}{C^2 * A^2 * R}$$

waarin:

$\Delta H$	opvoerhoogte (m <sub>wk</sub> )
$H$	verval over de leiding (m/m)
$L$	lengte van de leiding (m)
$Q$	totaal gemiddeld debiet door de leiding (m <sup>3</sup> /s)
$A$	doorstroomd oppervlak van de leiding (m <sup>2</sup> )
$R$	hydraulische straal (m)
$C$	Chezy coëfficiënt (m <sup>1/2</sup> /s)

Voor een eerste benadering kan  $C$  constant worden verondersteld, met  $C = 70 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ .

Naast energieverliezen door drukval kennen een aantal procesonderdelen een relevant specifiek energieverbruik. In Tabel 6.1 is het specifieke energieverbruik en de energieverliezen ten gevolge van drukval weergegeven voor de verschillende procesonderdelen.

**Tabel 6.1**  
**Indicatief energieverbruik per procesonderdeel**

Proces	Drukval		Overig specifiek energieverbruik [Wh/m <sup>3</sup> ]
	[mwk]	[Wh/m <sup>3</sup> ]	
<b>winning</b>			
win- en infiltratieputten	10 – 20	40 – 80	-
innamepomstation	5 – 10	20 – 40	-
microzeving	0,5	2	10
<b>zuivering</b>			
cascadebeluchting	2 – 6	8 – 24	40
plaatbeluchting	nihil	nihil	40
torenbeluchting	4 – 6	16 – 24	40
vlokvorming	nihil	nihil	20
lamellenbezinking	nihil	nihil	-
flotatie	nihil	nihil	50
snelfiltratie	2 – 3	8 – 12	-
micro-/ultrafiltratie	5 – 15	20 – 60	-
ontharding	10 – 16	40 – 64	-
ozonisatie	nihil	nihil	50
actievekoolfiltratie	1 – 2	4 – 8	-
UV desinfectie	1	4	50
langzame zandfiltratie	1	4	-
nanofiltratie	50 – 100	200 – 400	-
hyperfiltratie (RO)	100 – 600	400 – 2400	-
zeewaterontzouting met hyperfiltratie (RO)	600 – 900	2400 – 3600	-
<b>opslag, transport &amp; distributie</b>			
reinwaterberging	1 – 2	4 – 8	-
leidingen (landelijk)	1 per km	4 per km	-
leidingen (stedelijk)	1,5 per km	6 per km	-

- 1) *het totale energieverbruik bij membraanfiltratie blijkt in de praktijk 2 – 3 maal het energieverbruik voor de drukval te zijn*
- 2) *het energieverbruik van zeewaterontzouting kan worden beperkt tot 1.500-2.000 Wh/m<sup>3</sup> door energie terugwinning*

### 6.3.3 Chemicaliën

De kosten van chemicaliën kunnen globaal berekend worden op basis van de dosering (mg/l of mmol/l) en de marktconforme bulk-chemicalie-prijs (kostprijs 100% product per kmol of kg zout). In de kostencalculator worden de chemicaliënkosten ingevoerd in € per kg product (100%)

### 6.3.4 Overige verbruiksgoederen

Bij een aantal processen is sprake van frequente vervanging van onderdelen om de werking van het apparaat of proces in stand te houden. De kosten van deze zogenaamde verbruiksgoederen kunnen significant zijn en vallen daarom niet onder de post onderhoud. In het onderstaande worden de meest voorkomende verbruiksgoederen genoemd.

#### Membraanvervanging

Membranen hebben een kortere levensduur dan de overige installatieonderdelen (pompen, drukvaten, stacks, etc.). In de bouwkostenfuncties zijn de kosten voor de membranen opgenomen. Deze membraankosten worden afgeschreven in een relatief korte periode. DHV Water rekent standaard met:

	vervangingsstermijn
– UF/MF	8 jaar
– NF/HF	5 jaar
– RO (zeewater)	4 jaar

#### Entzand ontharding

Bij het onthardingsproces met korrelreactoren moet regelmatig entzand worden ingebracht. De hoeveelheid entzand bedraagt maximaal 5% van de gevormde hoeveelheid  $\text{CaCO}_3$ .

#### Regeneratie en aanvulling actieve kool

Actieve kool moet regelmatig geregenereerd dan wel vervangen worden. De regeneratiekosten (ledigen en vullen van filters, transport naar en van de fabriek, thermische behandeling en eventuele aanvulling van de kool) bedragen circa  $350 \text{ €m}^3$ . De kosten voor nieuwe kool bedragen  $700 \text{ €m}^3$ .

#### Vervanging filtermaterialen

Filterzand wordt veelal elke 10 jaar vervangen. In Tabel 6.2 is een overzicht gegeven van de kosten voor filtermateriaal, in bulk geleverd.



**Tabel 6.2**  
**Kosten filtermateriaal**

materiaal	fractie (mm)	Kosten		soortelijk gewicht ton/m <sup>3</sup>	stortgewicht ton/m <sup>3</sup>
		€/m <sup>3</sup>	€/ton		
filter- zand/filtergrind	0,5 – 1,0	140	85	2,65	1,60
	0,8 – 1,25				
	1,0 – 1,6				
	1,0 – 2,0				
	1,4 – 2,0				
	1,5 – 2,5				
2 – 4					
Antraciet type N	0,6 – 1,6	320	450	1,44	0,70
	1,4 – 2,5				
	2,0 – 4,0				
granaatzand	0,2 – 0,4	700 – 1000	310 – 450	4,2	2,3
marmer/dolomiet (CaCO <sub>3</sub> .MgO)	0,5 – 1,2	100	80	2,75	1,2
	0,5 – 2,5				
	2,0 – 4,5				
	4,0				
hydro-carbonaat	1,8 – 2,5	70 – 90	50 – 70		
	1,2 – 1,8				

### Vervanging UV-lampen

De vervangingskosten van UV-lampen hangt af van het type lamp (hoge druk/lage druk) en de levensduur van de lampen. Daarnaast dienen jaarlijks ook andere onderdelen, zoals kwartsbuizen, wissers e.d. te worden vervangen. DHV Water rekent standaard met:

levensduur	:	8.000 uur	hoge druk lampen
		9.000 uur	Middendruk lampen
		10.000 uur	lage druk lampen
prijs per lamp	:	400 €	hoge druk lampen
		300 €	Middendruk lampen
		200 €	lage druk lampen

### 6.3.5 Afvoer afvalstoffen

#### Verwerking/afvoer drinkwaterslib

De afvoer van drinkwaterslib vindt op twee manieren plaats:

- via de Reststoffenunie;
- naar een stortlocatie.

### *Transport*

In beide gevallen is transport benodigd. De kosten hiervan zijn in beide gevallen voor rekening van het waterleidingbedrijf. De transportkosten worden als volgt berekend:

- per vrachtwagen de benodigde manuren voor laden en lossen. Hiervoor wordt 3,6 €/ton slib aangehouden. Per vrachtwagen kan maximaal 30 ton slib worden getransporteerd;
- per uur reistijd een prijs voor manuren, afschrijving en brandstof. Hiervoor kan 90 €/uur worden aangehouden. In de reistijd dient ook het terugrijden (leeg) van de vrachtwagen te worden meegerekend.

### *Ontwatering*

In beide gevallen is tevens een ontwateringsstap benodigd. Veelal wordt deze ontwatering door derden uitgevoerd (loonontwatering), zodat de kosten voor ontwatering ten laste komen van de exploitatierekening. De kosten voor loonontwatering zijn afhankelijk van het aantal tonnen slib dat per keer wordt ontwaterd. Globaal kan worden aangehouden:

10 ton ds	:	420 €/ton ds
20 ton ds	:	300 €/ton ds
50 ton ds	:	240 €/ton ds
100 ton ds	:	180 €/ton ds

### *Nuttige toepassing (Reststoffenunie)*

Drinkwaterslib wordt de laatste jaren in toenemende mate nuttig ingezet via de Reststoffenunie (zie ook par. 5.5.2). Door de introductie van het Bouwstoffenbesluit is het mogelijk geworden om diverse reststoffen gecertificeerd als bouwvulstof toe te passen. Hierdoor is het mogelijk om grote hoeveelheden drinkwaterslib toe te passen in zogenaamde werken (bijvoorbeeld een geluidswal). Benadrukt wordt dat het hier gaat om incidentele afzetmogelijkheden.

Voor een meer structurele afvoer van het drinkwaterslib van de waterleidingbedrijven in Nederland heeft de Reststoffenunie diverse contracten met de waterleidingbedrijven en met de baksteenfabrikanten gesloten. Een andere nuttige toepassing van drinkwaterslib is corrosie preventie en stankbestrijding in de riolering en bij de slibgisting. Zowel de eisen met betrekking tot kwaliteit en beschikbaarheid, als de financiële verplichtingen van de waterleidingbedrijven kunnen per toepassing verschillen.

Coagulatieslib en koolslib kunnen worden gebruikt bij de vervaardiging van binnenmuurisolatiesteen.

*Storten van drinkwaterslib*

De optie om het drinkwaterslib te storten is in het jaar 2000 volledig verlaten. De verwachting is dat in de toekomst volledig afvoer gerealiseerd kan worden via de Reststof-fenunie.

**Afvoer onthardingskorrels**

Onthardingskorrels (kalkkorrels, calcite beads) kunnen worden gebruikt voor sinterbereiding, als hulpstof bij kolenvergassing, als isolatiemateriaal, als bouwvulstof en als vulmiddel in de kunststofverwerkende industrie.

In Nederland kunnen de waterleidingbedrijven (tot nu toe) al hun onthardingskorrels zonder problemen en veelal kostenneutraal afvoeren. De grootste afnemer in Nederland is Corus (orde 30.000 ton/jaar). De eventueel te maken kosten volgen uit:

- de transportafstand;
- de wijze van hergebruik (marktwerking, competitie met ‘virgin’ producten).

**Afvoer concentraat membraanfiltratie**

Bij membraanfiltratie wordt een concentraatstroom geproduceerd. Bij microfiltratie/ultrafiltratie bevat het concentraat voornamelijk zwevende stof. Bij nanofiltratie/hyperfiltratie bevat het concentraat een verhoogde zoutconcentratie. Het concentraat van microfiltratie/ultrafiltratie zal dienen te worden verwerkt (conform spoelwater- en slibverwerking bij snelfiltratie). Voor het concentraat van nanofiltratie/hyperfiltratie zijn twee oplossingen mogelijk: lozen op oppervlaktewater of infiltreren in de bodem.

De kosten voor het lozen van concentraat worden bepaald door:

- de behandeling van het concentraat (in het geval anaërobe nanofiltratie/hyperfiltratie wordt toegepast, bestaat de behandeling uit beluchting, snelfiltratie en eventueel conditionering).
- de afstand tot het lozingspunt alwaar het concentraat kan worden geloosd;
- wel of niet gebruik van restdruk voor het transport van het concentraat;
- eventuele te betalen lozingsheffingen.

De kosten voor infiltreren van concentraat worden naast bovenstaande kosten ook nog bepaald door bepaald door het infiltratiemiddel.

**6.3.6 Grondwaterbelasting**

De Belastingdienst heft grondwaterbelasting (Wet belastingen op milieugrondslag) over het onttrekken van grondwater aan de bodem. De hoogte van de grondwaterbelasting is afhankelijk van het aantal kubieke meters water dat onttrokken wordt. In 2009 betalen waterleidingbedrijven en industrieën 0,1883 €/m<sup>3</sup>. Indien de bedrijven water in de bodem infiltreren, komen zij in aanmerking voor de zogenaamde infiltratie-aftrek (korting op het verschuldigde bedrag). Voor 2009 is de infiltratie-aftrek 0,1557 €/m<sup>3</sup>. Bedrijven die voorgezuiverd water infiltreren en vervolgens weer terugwinnen betalen dus 0,0326 €/m<sup>3</sup>. De genoemde tarieven worden jaarlijks geïndexeerd.

Daarnaast kan door de Provinciale overheid een grondwaterheffing worden ingesteld. Deze heffing varieert van provincie tot provincie (0,002 – 0,025 €/m<sup>3</sup>). De provincie hanteert eveneens een infiltratie-aftrek op de provinciale heffing.

#### 6.4 Onderhoudskosten

De onderhoudskosten (excl. BTW) omvatten alle kosten voor onderhoud, inclusief het herstellen en vervangen van onderdelen van installaties, binnen de afschrijvingstermijn, voor wat betreft deze niet als verbruiksgoederen zijn opgenomen. Een langere afschrijvingstermijn heeft vaak tot gevolg dat meer onderdelen van installaties reeds binnen deze termijn moeten worden vervangen, zodat de onderhoudskosten hoger worden.

De onderhoudskosten per jaar worden berekend als percentage van de bouwkosten. De civieltechnische, mechanische en elektrotechnische delen vereisen in verschillende mate onderhoud, waardoor hiervoor verschillende percentages worden gehanteerd. Voor specifieke onderdelen moet het percentage zo reëel mogelijk worden geschat in samenhang met de door de opdrachtgever gehanteerde afschrijvingstermijn.

Voor een totale zuivering worden de volgende gemiddelde percentages (van de bouwkosten) gehanteerd ten behoeve van onderhoud:

–	civiele bouwkosten	0,5%	(technische levensduur 50 jaar)
–	werktuigbouwkundige bouwkosten	2%	(technische levensduur 50 jaar)
–	elektrotechnische bouwkosten	4%	(technische levensduur 25 jaar)
–	procesautomatiseringskosten	10%	(technische levensduur 10 jaar)
–	bouwkosten beveiligingsystemen	10%	
–	inrichtingskosten	10%	

De onderhoudskosten zijn sterk bepalend voor de levensduur van de installatie, en hangen daardoor samen met de (technische) afschrijvingskosten.

#### 6.5 Administratieve beheerskosten

De administratieve beheerskosten zijn de kosten van de administratie, uitsluitend met betrekking tot het beheer van de installatie. Onder de administratieve beheerskosten vallen:

- de kosten voor loonadministratie van het productiepersoneel
- de kosten voor boekhouding
- de kosten voor het hoofdkantoor (voor zover ten laste van ‘productie’)

Deze kosten zijn sterk afhankelijk van de wijze waarop het waterleidingbedrijf is georganiseerd. Een groot deel van de kosten is echter direct te relateren aan de kosten voor productiepersoneel (de methode van ramen die hiervoor kan worden toegepast is aangegeven onder ‘specifieke bedrijfskosten’). Zonder nadere opgave van het waterleidingbe-

drijf kan worden uitgegaan van 20% van de geraamde kosten voor bediening van de installatie.

## 6.6 Specifieke bedrijfskosten

De specifieke bedrijfskosten omvatten de kosten voor:

- bediening:
  - personeelskosten
  - overige kosten (voorzieningen voor bedienend personeel)
- kwaliteitsbewaking:
  - analysekosten
  - optimalisatie bedrijfsvoering
- beveiliging:
  - Kosten voor doormelden alarm aan centrales
  - Overige personeelskosten

### Bediening

De hoeveelheid bedienend personeel per productielocatie zal afnemen bij een toenemende productiecapaciteit per locatie. Immers door schaalvergroting worden, behalve de vaste kosten, ook de personeelskosten per m<sup>3</sup> geleverd water lager. Globaal blijkt het volgende verband te bestaan voor waterleidingbedrijven in Nederland (gebaseerd op een analyse van de jaarverslagen uit 2007 en geldend voor zowel grondwater als oppervlakte-waterbedrijven), zie ook Afbeelding 6.3:

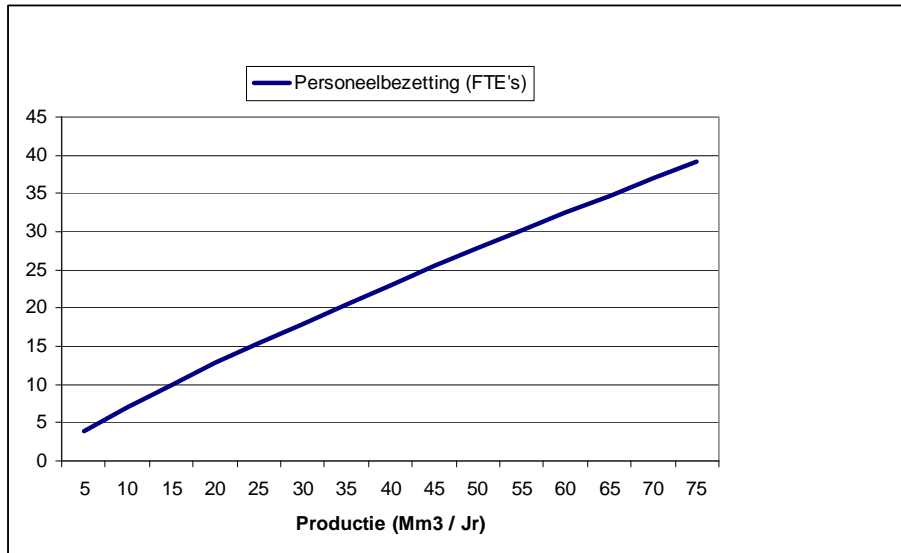
$$Personeel = productie^{0,85}$$

waarin:

<i>personeel</i>	in manjaren
<i>productie</i>	in miljoen m <sup>3</sup> per jaar

**Afbeelding 6.3**

**Personeelbezetting als functie van de totale productiecapaciteit**



**Kwaliteitsbewaking**

De analysekosten worden geraamd op basis van KIWA-punten. Op basis van het verplichte meetprogramma zoals weergegeven in het Waterleidingbesluit (2000) is het wettelijk minimaal vereiste aantal KIWA-punten berekend.

Daarbij moet nog onderscheid worden gemaakt tussen distributie en productie. De analysekosten die ten laste van productie komen zijn metingen aan het ruwwater, afhankelijk van het aantal putten en metingen in het reine water, af pompstation. Het meetprogramma zoals dat in het WLB staat aangegeven wordt overigens door de meeste waterleidingbedrijven uitgebreid met aanvullende metingen, waardoor de analysekosten soms hoger kunnen zijn.

In Tabel 6.3 zijn de berekeningsmethoden aangegeven voor het aantal KIWA-punten voor distributie en productie, afhankelijk van het type bedrijf.

**Tabel 6.3**  
**Berekeningsmethodiek KIWA-punten**

Type bedrijf:	Productie én distributie
Grondwater Oeverfiltraat	$(18 \times \text{inw./10.000}) + 837 \times \text{putten} + 608$
Oppervlaktewater	$(189 \times \text{inw./10.000}) + 9.501$
Putten = aantal putten Inwoners = aantal inwoners distributiegebied	

Door het aantal KIWA-punten te vermenigvuldigen met het gehanteerde tarief is een inschatting van de analysekosten te maken. Het standaard tarief in 2009 voor één KIWA-punt bedraagt (inclusief monstername en advisering) 3,73 €punt. Veel waterleidingbedrijven hebben echter een eigen laboratorium of zijn deelnemer in een laboratorium met enkele collega-waterleidingbedrijven. Hierdoor kan het tarief per waterleidingbedrijf sterk verschillen.





## 7 BEPALING KOSTENDEKKEND WATERTARIEF PRODUCTIE

### 7.1 Inleiding

Het kostendekkende watertarief productie is, naast de exploitatiekosten, voor een belangrijk deel afhankelijk van de extra kosten voor overcapaciteit. Deze extra kosten worden als volgt gedefinieerd:

**Extra kosten voor overcapaciteit zijn de extra kosten voor rente, afschrijving, bedienend personeel en onderhoud als gevolg van het niet volledig uitnutten van een installatie.**

Bovenstaande definitie van extra kosten voor overcapaciteit (ook wel leegloopverliezen genoemd) kan worden geïllustreerd aan de hand van het volgende voorbeeld.

#### voorbeeld

*Een waterleidingbedrijf brengt 50 miljoen m<sup>3</sup> drinkwater per jaar in rekening bij al haar klanten. Het waterleidingbedrijf verwacht, op basis van prognoseberekeningen, een groei van het waterverbruik van 0,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Op zeker moment is uitbreiding van de productiecapaciteit noodzakelijk. Een nieuw pompstation (pompstation A) met een ontwerpcapaciteit van 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar wordt gerealiseerd. Bij oplevering van pompstation A ontstaat derhalve een overcapaciteit van 4,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Deze overcapaciteit neemt vervolgens in 9 jaar tijd af tot 0 (een nieuw project moet dan worden gerealiseerd). Gedurende de eerste 9 jaar is er dus sprake van onbenutte overcapaciteit. Deze overcapaciteit brengt echter wel kosten met zich mee: rente, afschrijving, onderhoud en personeel. Deze extra kosten worden in de praktijk overgeslagen op de totale waterprijs (dus over 50 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Door de extra kosten als gevolg van overcapaciteit mee te nemen in de projectkosten, kan een zuivere afweging worden gemaakt met betrekking tot de projectgrootte. Vervolgens kunnen de leegloopverliezen in het kostendekkende watertarief productie worden meegenomen.*

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe, met behulp van de Contante Waarde methode, het kostendekkende watertarief productie van een project kan worden bepaald.

### 7.2 Contante Waarde methode

Met behulp van de Contante Waarde methode kunnen toekomstige uitgaven worden gekapitaliseerd in euro's van nu:

$$CW = \text{€}_{\text{jaar}x} * \frac{(1+i)^x}{(1+r)^x}$$

waarin:

- $\text{€}_{\text{jaar } x}$  de uitgave in € in het jaar  $x$
- $i$  het inflatiepercentage
- $r$  de rentevoet

Voor een juiste uitkomst moet een Contante Waarde berekening over een voldoende lange periode plaatsvinden. Daarbij worden van tijd tot tijd herinvesteringen ingevoerd.

### 7.3 Kostendekkend watertarief productie

Het kostendekkende watertarief productie kan worden bepaald met behulp van de berekende Contante Waarde van een project. Uitgangspunt is dat de Contante Waarde van een project gelijk dient te zijn aan de Contante Waarde van de inkomsten. De inkomsten zijn daarbij bepaald door 2 factoren:

- de afgezette hoeveelheid drinkwater
- het in rekening gebrachte watertarief productie

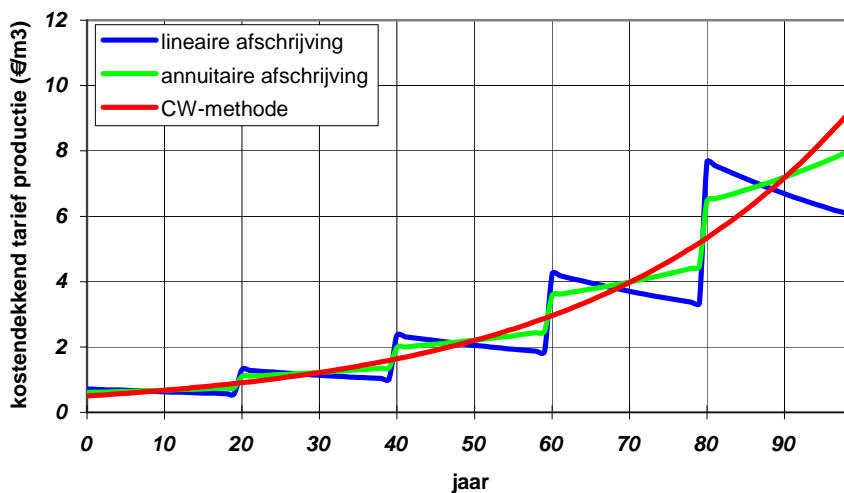
In formulevorm:

$$CW_{\text{uitgaven}} = CW_{\text{inkomsten}}$$

#### Voorbeeld

Een voorbeeld van de berekening van het kostendekkend watertarief productie is weergegeven in Afbeelding 7.1

Afbeelding 7.1  
Kostendekkend tarief, verschillende berekeningsmethoden



Het voorbeeld gaat uit van een investering van 20 miljoen € en een productiecapaciteit van 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De vaste kosten zijn bepaald bij een rente van 8% en een afschrijvingstermijn van 20 jaar. De variabele exploitatiekosten zijn in het eerste jaar op 1 miljoen € gesteld. De exploitatiekosten nemen elk jaar toe met 3% (inflatie). Ook bij de bepaling van de herinvesteringen is uitgegaan van 3% inflatie.

In het voorbeeld in Afbeelding 7.1 is niet uitgegaan van leegloopverliezen. Vanaf het moment van oplevering wordt dus 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar geleverd. Uit Afbeelding 7.1 kan het volgende worden afgeleid:

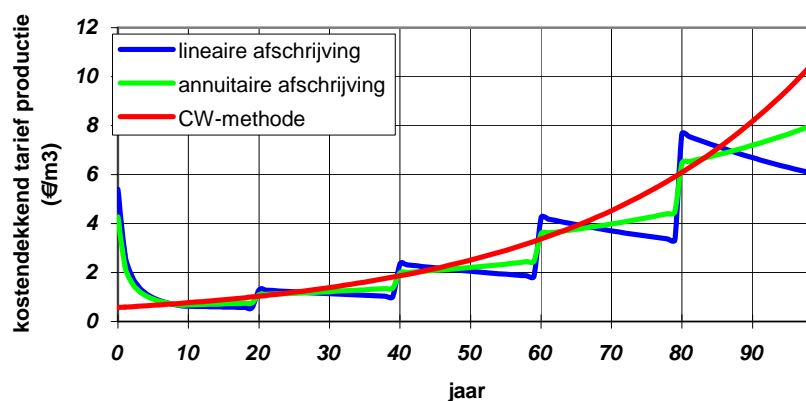
- Lineaire afschrijving geeft een zeer onrustig verloop van het watertarief in vergelijking met annuïtaire afschrijving waarbij kosten naar de toekomst worden uitgesteld. Het meest gladde verloop van het watertarief productie kan worden bepaald met de Contante Waarde Methode. Hierbij wordt zowel de rente als de inflatie meegenomen.
- Bij lineaire afschrijving neemt het tarief over de afschrijvingstermijn af doordat de vaste kosten (rente + afschrijving) lineair afnemen. De variabele exploitatiekosten nemen gedurende de afschrijvingstermijn echter toe met het inflatiepercentage.
- Bij annuïtaire afschrijving blijven de vaste kosten (rente + afschrijving) constant. De variabele kosten nemen toe met het inflatiepercentage.

### Voorbeeld

In het volgende voorbeeld (afbeelding 7.2.) wordt geïllustreerd hoe leegloopverliezen kunnen worden verdisconteerd in de kosten voor een bepaald project. De uitgangspunten zijn exact hetzelfde als bij voorbeeld 1. Alleen is nu uitgegaan van een langzame opbouw van de productie van 0,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in het 1<sup>e</sup> jaar na oplevering tot uiteindelijk 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in het 10<sup>e</sup> jaar na oplevering.

### Afbeelding 7.2

Kostendekkend tarief, invloed van leegloopverliezen op tarief



Uit Afbeelding 7.2 blijkt:

- Dat de leegloop in de eerste jaren leidt tot een aanzienlijk verhoging van het watertarief als wordt uitgegaan van lineaire of annuïtaire afschrijving.
- Het watertarief productie bepaald met de Contante Waarde Methode (ook inclusief het leegloopverlies) laat echter een beperkte verhoging zien omdat de extra kosten in het begin worden uitgesmeerd over een lange periode.

### **Aanbeveling**

Gebruik van de Contante Waarde Methode voor de berekening van het kostendeckend watertarief productie is aan te bevelen indien leegloopverliezen een belangrijke invloed hebben op het watertarief productie van het betreffende project. Dit is met name het geval bij projectvergelijkingen, waarbij vragen aan de orde zijn zoals bijvoorbeeld:

- is het beter om een kleinschalig project (duurder vanwege het schaaffect, maar zonder noemenswaardige leegloopverliezen) te realiseren in plaats van een groot-schalig project?
- wat is (economisch gezien) de meest optimale capaciteit van een project en is het zinvol om een project te faseren?

De uitkomst van dergelijke projectvergelijkingen hangt sterk af van de prognose van het waterverbruik. Bij een lage groei van het waterverbruik zal het waarschijnlijk aantrekkelijk zijn om kleinere projecten te realiseren en zo de leegloopverliezen te beperken. Tevens worden hiermee risico's geminimaliseerd. Het omgekeerde is het geval bij een forse groei van het waterverbruik.

## 8 LITERATUUR

- [1] Handbuch der Wasserversorgungstechnik  
Grombach/Haberer/Trueb  
R. Oldenbourg Verlag München/Wien (1985)
- [2] Optimalisatie druk en flux  
NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland  
DHV Water BV (1991)
- [3] Kostenaspecten in planningsmodellen voor de drinkwatervoorziening  
Koster, RIVM  
H<sub>2</sub>O (18), 1985 nr. 15
- [4] Investeringskosten van gebouwen  
NEN 2631  
1<sup>e</sup> druk (maart 1979)
- [5] Exploitatiekosten van gebouwen  
NEN 2632  
1<sup>e</sup> druk (september 1980)
- [6] Bouwkosten  
Misset-bouw  
band 1
- [7] Handreiking bij de lozing van membraanconcentraten  
Commissie Integraal Waterbeheer (1999)
- [8] Water in Zicht 2000  
Bedrijfsvergelijking in de drinkwatersector  
VEWIN (2001)
- [9] Wat kost dat?  
P137 Standaard kostensystematiek GWW sector  
CROW (2002)
- [10] Drinkwater – principes en praktijk  
TU Delft/SDU (2004)



## 9 COLOFON

---

Opdrachtgever	: DHV Water BV	
Project	: Niveau systeemkeuze, beleidsplan	
Dossier	: AA6745	
Omvang rapport	: 101 pagina's	
Auteurs	: ir. R. Bronda, ir. J.W. Post ing. Ing. M.J.W.M. Bakker (herziene versie)	
Projectleider	: ing. M.J.W.M. Bakker	
Projectmanager	: ir. J.H. Peters	
Datum	: Oktober 2014	
Autorisatie	:	ir. E.J. Zandbergen (unit directeur Water Treatment)

---