

# Kostenramingsmethode paalfunderingen

Ir. J. Dukers

1.	Inleiding	Y4125- 3
2.	Kostenramingsmethode voor in de grond geheide prefab betonnen paalfunderingen	Y4125- 5
2.1.	Het aantal palen met m <sup>2</sup> bebouwd vloerop- pervlak	Y4125- 5
2.2.	De paallengte	Y4125- 7
2.3.	De kosten per m <sup>1</sup> paallengte	Y4125- 7
2.3.1.	De aankoop	Y4125- 7
2.3.2.	Het heien	Y4125- 8
2.3.3.	Het koppensnellen	Y4125- 8
3.	Voorbeeldberekeningen	Y4125- 9
3.1.	Kantoorgebouwen	Y4125- 9
3.2.	Magazijngebouwen	Y4125-10
4.	Afsluiting	Y4125-10
	Bijlage 1. Bepalen technische kengetallen uitgangspunten belastingen	Y4125-12
	Bijlage 2. Bepalen technische kengetallen kantoorgebouwen	Y4125-14
	Bijlage 3. Bepalen technische kengetallen magazijngebouwen	Y4125-15
	Bijlage 4. Aankoopkosten materialen en leveringen	Y4125-16
	Bijlage 5. Produktie heiwerk in meters per dag	Y4125-17



## 1. Inleiding

Gebouwen en installaties kunnen worden gefundeerd op staal en op palen. Wanneer de draagkrachtige grond zich op grotere diepte bevindt wordt een paalfundering toegepast.

In Nederland is dit in de regel bij een diepte van de draagkrachtige grond van circa 4 tot circa 25 m onder maaiveld.

Bij paalfunderingen kunnen de volgende hoofdtypen worden onderscheiden:

- a. in de grond gevormde palen;
- b. heipalen.

### *Ad a. In de grond gevormde palen*

In de grond gevormde palen worden zoals de benaming reeds aangeeft ter plaatse op de bouwplaats gemaakt.

Hiervoor worden verschillende methoden toegepast.

De meest gebruikte methoden zijn de mortelschroefpaal en de methode waarbij gebruik wordt gemaakt van een stalen of betonnen mantelbuis.

Bij de mortelschroefpaal wordt door middel van een schroefboor een gat in de grond geboord. Gelijktijdig wordt een middel in de grond geïnjecteerd om de grond rond het gat te stabiliseren bij het optrekken van de boor.

In het gat wordt een wapeningskorf neergelaten en het gat wordt volgestort met betonmortel.

Bij de tweede methode wordt een stalen of betonnen mantelbuis in de grond geheid of getrild.

Nadat de mantelbuis op diepte is geheid wordt een wapeningskorf in het gat neergelaten en wordt de mantelbuis opgetrokken onder gelijktijdig volstorten van de holle ruimte met betonmortel.

Het toepassen van in de grond gevormde palen of heipalen is afhankelijk van een aantal aspecten:

- In de grond gevormde palen kunnen een zeer groot draagvermogen hebben.

Bij zeer hoge belastingen en bij grote belastingconcentraties kan men in de grond gevormde palen verkiezen.

- Wanneer de gevoeligheid wegens trillingen of geluidhinder door heien een rol spelen zijn in de grond gevormde palen veel toegepast.
- Bij renovatie- of restauratiewerken, waarbij de werkhoogte een rol speelt zijn sommige typen in de grond gevormde palen eveneens te verkiezen.

#### Y4125-4 Kostenramingsmethode paalfunderingen

- Wanneer de draagkrachtige laag onregelmatig verloopt en de paallengte daardoor sterk varieert kunnen in de grond gevormde palen het best worden toegepast.

Heipalen kunnen in deze situatie zover boven de grond blijven steken dat zij over zeer grote lengte moeten worden afgehakt.

In de grond gevormde palen kunnen eenvoudig aan de variaties van de draagkrachtige laag worden aangepast.

##### *Ad b. Heipalen*

Heipalen zijn geprefabriceerde palen die door middel van heien in de grond worden geslagen.

Heipalen kunnen uit de volgende materialen bestaan:

- hout;
- gewapend beton.

Gewapend betonnen heipalen worden in Nederland het meest toegepast. De houten heipalen zullen hier buiten beschouwing worden gelaten, aangezien zij in de industriële bouw praktisch niet worden toegepast.

##### *Gewapend betonnen heipalen*

Onderscheiden kunnen worden:

- gladde betonpalen;
- betonpalen met verzwaarde punt.

Daarnaast kan nog een onderscheid worden gemaakt naar de wapeningssoort, namelijk

- traditionele wapening;
- voorgespannen wapening.

Gewapend-betonpalen zijn verkrijgbaar tot een lengte van circa 30 m. Zij worden in de betonfabriek gefabriceerd en per vrachtauto naar de bouwplaats getransporteerd.

Op de bouwplaats worden de palen in de grond geheid met behulp van een heimachine. Dit zijn heistellingen gemonteerd op de onderbouw van een rupskraan.

Om stukslaan van de paalkoppen te voorkomen wordt een heimuts gebruikt. Dit is een gietstalen muts met hardhouten slagkop, gevuld met zachthouten slagplankjes. De mutsvulling moet regelmatig vervangen worden.

De zwaarte van een heistelling is afhankelijk van het gewicht van de palen. Het gewicht van de palen wordt bepaald door de diameter van de palen en de paallengte.

Nadat de palen in de grond zijn geheid dienen zij een onverbreekelijk geheel te vormen met het gebouw of de installatie die op de palen komt te rusten.

De wapening van de palen wordt daartoe in de wapening van de fundering gevlochten en de verbinding wordt aangestort.

Om dit te kunnen bereiken wordt de wapening van de bovenste 0,5 m tot 1 m van de paal vrijgehakt. Dit noemt men koppensnellen. Het vrijkomende puin wordt afgevoerd.

Na deze korte uitleg van de belangrijkste typen paalfunderingen zal hierna een kostenramingsmethode voor het ramen van geheide betonnen paalfunderingen worden behandeld. Dit type paalfunderingen wordt in Nederland het meest toegepast.

## **2. Kostenramingsmethode voor in de grond geheide prefab betonnen paalfunderingen**

De kosten van paalfunderingen kunnen worden uitgedrukt in kosten per strekkende meter paal of in kosten per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak. Bij het opstellen van een kostenindicatie of kostenraming in een vroeg stadium van het bouwproces gaat de voorkeur uit naar een kostenramingsmethode gerelateerd aan het bebouwde vloeroppervlak.

Daarbij spelen een rol:

- het aantal palen per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak;
- de paallengte;
- de kosten per m<sup>1</sup> paallengte.

### *2.1. Het aantal palen per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak*

Het aantal palen per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak kan worden benaderd door middel van zogenaamde technische kengetallen.

Een technisch kengetal geeft de relatie weer tussen de kwantiteit van een element of een hoofdelement en een ontwerpkengetal van een gebouw of installatie (bijv. vloeroppervlak, bebouwd oppervlak). In het geval van paalfunderingen wordt als technisch kengetal het aantal palen per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak gehanteerd.

Het aantal palen per m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak is afhankelijk van:

- a. de belasting per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak;
- b. de maximale paalbelasting.

#### *a. De belasting per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak*

Het zal duidelijk zijn dat naarmate een gebouw meerdere verdiepingen heeft, de belasting op de palen groter zal zijn.

In bijlage 1 zijn de belastingen van een gemiddeld kantoorgebouw en/of magazijngebouw nader gepreciseerd.

Kantoorgebouwen kunnen uit één of meerdere verdiepingen bestaan.

De belasting van de begane grond en het dak zijn afwijkend van de draagkracht van de standaardverdiepingen. Op daken kan een lagere veranderlijke belasting worden toegelaten volgens de Nederlandse voorschriften.

In de belasting van de begane grond is het gewicht van de fundering verwerkt.

De totale belasting per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak kan worden bepaald door middel van somming van:

- de belasting ten gevolge van het dak  $1 \times 6,5 \text{ kN/m}^2$
- de belasting van de verdiepingen  $n \times 14,7 \text{ kN/m}^2$
- de belasting ten gevolge van de begane-grondvloer  $1 \times 15,4 \text{ kN/m}^2$

De belasting per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak voor een magazijngebouw bedraagt:

- de belasting ten gevolge van het dak  $1 \times 1,2 \text{ kN/m}^2$
- de belasting ten gevolge van de begane-grondvloer  $1 \times 25,3 \text{ kN/m}^2$

De belasting van de begane-grondvloeren van magazijngebouwen is sterk afhankelijk van de veranderlijke belasting. In dit voorbeeld is een vloerbelasting van 20 kN/m<sup>2</sup> ofwel 2 ton/m<sup>2</sup> vloeroppervlak aangehouden.

*b. De maximale paalbelasting*

De maximale paalbelasting, of het draagvermogen, van een paal wordt bepaald door de diameter van de paal en de toelaatbare paalpuntspanning.

Uit proeven, die rond het begin van de jaren dertig van de vorige eeuw werden uitgevoerd, is gebleken dat de puntweerstand van de palen de belangrijkste dragende factor is. Rekening houdend met een veiligheidsfactor van 2 bedraagt de toelaatbare paalpuntspanning circa 4 N/mm<sup>2</sup>.

Het draagvermogen van een geheide gewapend-betonpaal kan worden benaderd door:

Paaloppervlak in mm<sup>2</sup> maal toelaatbare paalpuntspanning in N/mm<sup>2</sup>.

Voor een paal met een diameter van # 250 mm bedraagt het draagvermogen:

$$250 \times 250 \times 4 \text{ N/mm}^2 = 250 \text{ kN (25 ton)}$$

Het technisch kengetal voor de paalfundering van een kantoorgebouw uitgedrukt in aantal palen per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak kan nu worden bepaald door de belasting per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak te delen door de paalbelasting van de gekozen paaldiameter. In bijlage 2 is een voorbeeldberekening gemaakt voor een tweetal kantoorgebouwen, en in bijlage 3 voor een tweetal magazijngebouwen.

### *2.2. De paallengte*

De lengte van de te heien palen varieert sterk. In het westen van het land en in de noordelijke provincies moet in vrijwel alle gebieden worden geheid. Paallengtes van 6 tot 25 meter komen hier voor. In de overige provincies moet ook op steeds meer plaatsen worden geheid, aangezien de beste bouwgronden reeds bebouwd zijn.

De paallengtes, uitzonderingen daargelaten, bedragen hier meestal circa 6 tot 10 meter.

Alvorens aannames te doen over de paallengte voor een project, wanneer er geen sonderingen van het terrein beschikbaar zijn, dient men te informeren bij de gemeente of bij bouwers op de aangrenzende terreinen.

Een goed grondonderzoek naar de ligging van de draagkrachtige laag en de bijbehorende draagkracht geeft echter de grootste nauwkeurigheid ten aanzien van de paallengte.

### *2.3. De kosten per m<sup>l</sup> paallengte*

De kosten per meter paallengte worden bepaald door:

- de aankoop;
- het heien;
- het koppensnellen.

Bovenstaande kostencomponenten hebben een vast bestanddeel en een variabel bestanddeel. Dit zal hierna aan de orde komen.

#### *2.3.1. De aankoop*

De aankoopkosten worden uitgedrukt in kosten franco werk en worden bepaald door de diameter van de palen en het soort voorspanning.

In bijlage 4 zijn de aankoopkosten voor prefab betonpalen met diameters van # 180 mm tot # 450 mm opgenomen. Deze palen zijn

voorzien van traditionele wapening. De kosten van voorgespannen betonpalen liggen circa € 20,— per m<sup>3</sup> hoger. Voor palen met verzwaarde punt dient men de prijs van circa 1 meter paal extra te rekenen. De aankoopkosten zijn variabele kosten gerelateerd aan het aantal meters paal.

### *2.3.2. Het heien*

Het heien van de palen gebeurt zoals reeds in de inleiding is aangegeven door een heistelling op rupsbanden.

De kosten voor het heien bestaan uit een vast bestanddeel en een variabel bestanddeel.

De aan- en afvoerkosten van de heistelling zijn vaste kosten.

De heistelling moet voor een project worden aangevoerd en afgevoerd en op de bouwplaats worden opgebouwd en afgebroken.

Bovendien lopen tijdens het transport de huurkosten per tijdseenheid door. In bijlage 4 zijn de aan- en afvoerkosten van verschillende heistellingen opgenomen. Daarbij is gerekend op differentiatie naar de zwaarte van de heistelling. De zwaarte van de heistelling hangt samen met het gewicht van de te heien palen.

Het zal duidelijk zijn dat de kosten van het heien van slechts enkele palen hoger zullen uitvallen ten gevolge van deze vaste kosten.

Bij het heien van de palen wordt een bepaalde productie per dag gehaald. De dagproductie is afhankelijk van de paallengte en de paaldiameter.

In bijlage 5 is in tabelvorm de dagproductie opgenomen, afhankelijk van paallengte en diameter.

De heikosten per dag zijn eveneens in de tabel aangegeven. Deze bestaan uit de aan- en afschrijvingskosten van de heimachine, de onderhoudskosten en de energiekosten van de heimachine. Bovendien zijn in de heikosten de kosten voor het bedienend personeel opgenomen.

### *2.3.3. Het koppensnellen*

Het vrijmaken van de wapening van het bovenste gedeelte van de betonpaal kan machinaal of handmatig gebeuren.

Machinaal door middel van een klemband bevestigd aan een hydraulische kraan die om de paalkop wordt bevestigd en waarmee het beton van de paalkop wordt verpulverd.

Handmatig door met hydraulische sloophamers de paalkoppen kapot te hakken en de wapening vrij te maken.

De kosten voor het koppensnellen zijn afhankelijk van de paaldiameter.

In bijlage 4 zijn de kosten voor het koppensnellen opgenomen.



**3. Voorbeeldberekeningen**

Met de kostengegevens van de bijlagen 4 en 5 zijn hieronder enkele voorbeeldberekeningen gemaakt.

In paragraaf 3.1 is de paalfundering van twee kantoorgebouwen berekend, met 5 bouwlagen, respectievelijk 8 bouwlagen.

In paragraaf 3.2 zijn de kosten voor de paalfundering berekend voor een tweetal identieke magazijngebouwen met een nuttige vloerbelasting van 20 kN/m<sup>2</sup> respectievelijk 50 kN/m<sup>2</sup> vloeroppervlak (2 ton/ m<sup>2</sup>, resp. 5 ton/m<sup>2</sup>).

Daarbij zijn de uitkomsten van de berekening van het aantal palen van bijlage 2 en 3 als uitgangspunt genomen.

Alle kostengegevens zijn prijspeil juli 2003.

*3.1. Kantoorgebouwen**Voorbeeld 1. Kantoorgebouw 5 bouwlagen  
vloeroppervlak 6000 m<sup>2</sup>*

Aantal palen # 350 mm, lang 10 m	198 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal	1980 m <sup>1</sup>
Kosten palen:	
- Aankoop palen 1980 m <sup>1</sup> × € 24,—	€ 47.520,—
- Aan- en afvoerkosten heistelling, 10 m <sup>1</sup> paallengte	€ 1.700,—
- Koppen snellen, inclusief puinafvoer, 198 palen	€ 4.613,—
- Heien palen 1980 m <sup>1</sup> : 170 m <sup>1</sup> /dag × € 1.120,—	€ 13.045,—
Totale kosten	€ 66.878,—
Kosten per paal # 350 mm	€ 338,—
Kosten per m <sup>1</sup> paallengte	€ 34,—
Kosten per m <sup>2</sup> bebouwd oppervlak	€ 56,—

## Y4125-10 Kostenramingsmethode paalfunderingen

### Voorbeeld 2. *Kantoorgebouw 8 bouwlagen vloeroppervlak 9.600 m<sup>2</sup>*

Aantal palen # 450 mm, lang 10 m	185 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal	1850 m <sup>1</sup>

#### Kosten palen:

- Aankoop palen 1850 m <sup>1</sup> × € 33,—	€ 61.050,—
- Aan- en afvoerkosten heistelling, 10 m <sup>1</sup> paallengte	€ 1.700,—
- Koppen snellen, inclusief puinafvoer, 185 palen	€ 7.123,—
- Heien palen 1850 m <sup>1</sup> : 100 m <sup>1</sup> /dag × € 1.120,—	€ 20.720,—

Totale kosten	€ 90.593,—
---------------	------------

Kosten per paal # 450 mm	€ 490,—
Kosten per m <sup>1</sup> paallengte	€ 49,—
Kosten per m <sup>2</sup> bebouwd oppervlak	€ 75,—

### 3.2. *Magazijngebouwen*

#### Voorbeeld 1. *Magazijngebouw met vloerbelasting 20 kN/m<sup>2</sup> vloeroppervlak 3000 m<sup>2</sup>*

Aantal palen # 250 mm, lang 15 m	318 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal	4770 m <sup>1</sup>

#### Kosten palen:

- Aankoop palen 4770 m <sup>1</sup> × € 14,—	€ 66.780,—
- Aan- en afvoerkosten heistelling, 10 m <sup>1</sup> paallengte	€ 1.900,—
- Koppen snellen, inclusief puinafvoer, 318 palen	€ 3.784,—
- Heien palen 4770 m <sup>1</sup> : 360 m <sup>1</sup> /dag × € 1.265,—	€ 16.761,—

Totale kosten	€ 89.225,—
---------------	------------

Kosten per paal	€ 281,—
Kosten per m <sup>1</sup> paallengte	€ 19,—
Kosten per m <sup>2</sup> vloeroppervlak	€ 30,—

*Voorbeeld 2. Magazijngebouw met vloerbelasting 50 kN/m<sup>2</sup> vloeroppervlak*

Aantal palen # 350 mm, lang 15 m	360 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal	5400 m <sup>1</sup>
Kosten palen:	
- Aankoop palen 5400 m <sup>1</sup> × € 24,—	€ 129.600,—
- Aan- en afvoerkosten heistelling, 15 m <sup>1</sup> paallengte	€ 1.900,—
- Koppen snellen, inclusief puinafvoer, 360 palen	€ 8.388,—
- Heien palen 5.400 m <sup>1</sup> : 225 m <sup>1</sup> /dag × € 1.265,—	€ 30.360,—
Totale kosten	€ 170.248,—
Kosten per paal	€ 472,—
Kosten per m <sup>1</sup> paallengte	€ 32,—
Kosten per m <sup>2</sup> vloeroppervlak	€ 57,—

**4. Afsluiting**

Op grond van deze kostenramingsmethode kunnen snel en redelijk betrouwbaar de kosten van paalfunderingen van gebouwen en installaties worden bepaald.

Per project dient opnieuw te worden bepaald wat de kosten per meter paallengte en de kosten per m<sup>2</sup> bebouwd vloeroppervlak zullen zijn. In deze berekeningsmethode is een aantal aannames gedaan die redelijk standaard door de gebruikers kunnen worden toegepast. Per project dienen echter de aannames in dit artikel te worden getoetst aan de projectuitgangspunten. Dit geldt met name voor de aannames ten aanzien van de belastingen en de aannames voor de toelaatbare paalpuntspanning.

Door zelf deze gegevens per project bij te houden kan men nog betrouwbaarder kengetallen opbouwen.

**Bijlage 1. Bepalen technische kengetallen uitgangspunten belastingen**

*1. Kantoorgebouwen*

Dak:

Betonconstructie 200 mm dik	4,80
Isolatie + dakbedekking	0,10
Verzwarend verdiepingsvloer 0,025 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,60
Veranderlijke belasting	1,00
	6,5 kN/m <sup>2</sup>

Verdiepingen:

Cementdekvloer	1,00
Verdiepingsvloer 220 mm dik	5,28
Verzwarend verdiepingsvloer 0,05 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1,15
Kolommen 0,05 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> × 2400 kg/m <sup>3</sup>	1,20
Stabiliteitwanden 19 m <sup>3</sup> /605 m <sup>2</sup> = 0,03 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,75
Binnenwanden metselwerk 0,2 m/m <sup>2</sup>	0,43
Binnenwanden metal stud 0,7 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,21
Plafondconstructie	0,30
Gevel 0,60 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	2,38
Veranderlijke belasting	2,00
	14,70 kN/m <sup>2</sup>

Begane-grondvloer:

Cementvloer	1,00
Beg. grondvloer 200 mm dik	5,00
Kolommen 0,05 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> × 2400 kg/m <sup>3</sup>	1,20
Stabiliteitwanden 19m <sup>3</sup> /605 m <sup>2</sup> = 0,03 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,75
Binnenwanden metselwerk 0,2 m/m <sup>2</sup>	0,43
Binnenwanden metal stud 0,7 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,21
Plafondconstructie	0,30
Gevel 0,60 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	2,38
Veranderlijke belasting	2,00
Funderingsbalken 0,09 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	2,16
	15,43 kN/m <sup>2</sup>

2. *Magazijngebouwen*

---

Dak:

---

Staalplaat	0,08	
Isolatie + dakbedekking	0,10	
Veranderlijke belasting	1,00	
		1,18 kN/m <sup>2</sup>

---

Begane-grondvloer:

---

Stalen gevelbeplating 0,60 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,18	
Staalskelet 300 N/m <sup>2</sup>	0,30	
Veranderlijke belasting, 20 kN/m <sup>2</sup>	20,00	
Begane-grondvloer, dik 150 mm	3,60	
Funderingsbalken 0,05 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	1,20	
		25,28 kN/m <sup>2</sup>

## Bijlage 2. Bepalen technische kengetallen kantoorgebouwen

### Voorbeeld 1:

Kantoorgebouw met als uitgangspunten:

- Begane grond	1200 m <sup>2</sup>
- 4 verdiepingen van ieder	1200 m <sup>2</sup>
- Dakoppervlak	1200 m <sup>2</sup>
- Totaal vloeroppervlak	6000 m <sup>2</sup>
- Paalpuntspanning 40 kg/cm <sup>2</sup>	4 N/mm <sup>2</sup>
- Paallengte	10 m

Belastingen: Begane grond	1	15,4	15,4 kN
Verdiepingen	4	14,7	58,8 kN
Dak	1	6,5	6,5 kN
Totaal			80,7 kN
Belasting per paal bij afmetingen # 350 × 350 × 4 N/mm <sup>2</sup>			490 kN
<i>Technisch kengetal</i>	<i>80,7 kN/490 kN</i> <i>of 490 kN/80,7 kN</i>		<i>0,165 paal/m<sup>2</sup></i> <i>6,07 m<sup>2</sup>/pl.</i>
Aantal palen 1200 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,165 paal/m <sup>2</sup>			198 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal 1200 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,165 paal/m <sup>2</sup> × 10 m			1980 m <sup>1</sup>

### Voorbeeld 2:

Kantoorgebouw met als uitgangspunten:

- Begane grond	1200 m <sup>2</sup>
- 7 verdiepingen van ieder	1200 m <sup>2</sup>
- Dakoppervlak	
- Totaal vloeroppervlak	9600 m <sup>2</sup>
- Paalpuntspanning 40 kg/cm <sup>2</sup>	4 N/mm <sup>2</sup>
- Paallengte	10 m

Belastingen: Begane grond	1	15,4	15,4 kN
Verdiepingen	7	14,7	102,9 kN
Dak	1	6,5	6,5 kN
Totaal			124,8 kN
Belasting per paal bij afmetingen # 450 × 450 × 4 N/mm <sup>2</sup>			810 kN
<i>Technisch kengetal</i>	<i>124,8 kN/810 kN</i> <i>of 810 kN/124,8 kN</i>		<i>0,154 paal/m<sup>2</sup></i> <i>6,49 m<sup>2</sup>/pl.</i>
Aantal palen 1200 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,154 paal/m <sup>2</sup>			185 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal 1200 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,154 paal/m <sup>2</sup> × 10 m			1850 m <sup>1</sup>

### Bijlage 3. Bepalen technische kengetallen magazijngebouwen

#### Voorbeeld 1:

Magazijngebouw met als uitgangspunten:

- Dakoppervlak	3000 m <sup>2</sup>
- Totaal vloeroppervlak	3000 m <sup>2</sup>
- Paalpuntspanning 40 kg/cm <sup>2</sup>	4 N/mm <sup>2</sup>
- Paallengte	15 m

Belastingen: Vloeroppervlak	1	25,3	25,3 kN
Dak	1	1,2	1,2 kN
Totaal			26,5 kN
Belasting per paal bij afmetingen # 250 × 250 × 4 N/mm <sup>2</sup>			250 kN
<i>Technisch kengetal</i>	<i>26,5 kN/250 kN</i>		<i>0,106 paal/m<sup>2</sup></i>
	<i>of 250 kN/26,5 kN</i>		<i>9,45 m<sup>2</sup>/paal</i>
Aantal palen 3000 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,106 paal/m <sup>2</sup>			318 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal 3000 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,106 paal/m <sup>2</sup> × 15 m			4770 m <sup>1</sup>

#### Voorbeeld 2:

Magazijngebouw met als uitgangspunten:

- Dakoppervlak	3000 m <sup>2</sup>
- Totaal vloeroppervlak	3000 m <sup>2</sup>
- Paalpuntspanning 40 kg/cm <sup>2</sup>	4 N/mm <sup>2</sup>
- Paallengte	15 m
- Vloerbelasting 50 kN/m <sup>2</sup> in plaats van 20 kN/m <sup>2</sup> , vloerdikte 250 mm	

Belastingen: Vloeroppervlak	1	57,7	57,7 kN
Dak	1	1,2	1,2 kN
Totaal			58,9 kN
Belasting per paal bij afmetingen # 350 × 350 × 4 N/mm <sup>2</sup>			490 kN
<i>Technisch kengetal</i>	<i>58,9 kN/490 kN</i>		<i>0,120 paal/m<sup>2</sup></i>
	<i>of 490 kN/58,9 kN</i>		<i>8,32 m<sup>2</sup>/paal</i>
Aantal palen 3000 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,12 paal/m <sup>2</sup>			360 stuks
Aantal m <sup>1</sup> paal 3000 m <sup>2</sup> b.b.o. × 0,12 paal/m <sup>2</sup> × 15 m			5400 m <sup>1</sup>

#### Bijlage 4. Aankoopkosten materialen en leveringen

##### *Aankoopkosten gewapend-betonpalen*

###### *Aankoopkosten gladde gewapend-betonpalen:*

# 180 mm	€ 7,30
# 220 mm	€ 11,00
# 250 mm	€ 14,00
# 290 mm	€ 17,50
# 350 mm	€ 24,00
# 380 mm	€ 27,00
# 400 mm	€ 30,00
# 450 mm	€ 33,00

###### *Aan- en afvoerkosten heistellingen*

Palen, lengte tot 10 m <sup>1</sup>	€ 1.700,—
Palen, lengte 10 m tot 15 m <sup>1</sup>	€ 1.700,— tot € 1.900,—
Palen, lengte 15 m tot 20 m <sup>1</sup>	€ 1.900,— tot € 2.600,—
Palen, lengte 20 m tot 25 m <sup>1</sup>	€ 2.600,— tot € 4.100,—
Palen, lengte 25 m tot 30 m <sup>1</sup>	€ 4.100,— tot € 5.250,—

##### *Snellen paalkoppen*

Snellen paalkoppen, inclusief compressor, inclusief afvoer door middel van container.

# 180 mm	€ 6,20
# 220 mm	€ 9,20
# 250 mm	€ 11,90
# 290 mm	€ 16,00
# 350 mm	€ 23,30
# 380 mm	€ 27,40
# 400 mm	€ 30,40
# 450 mm	€ 38,50

Alle kostengegevens prijspeil juli 2003.



**Bijlage 5. Productie heiwerk in meters per dag**

Paallengte in meters	Dagproductie in meters								Heikos- ten per dag €
	# 180	# 220	# 250	# 290	# 350	# 380	# 400	# 450	
4	208	188	172	140	104	92	84	68	1025
5	235	225	205	160	120	105	90	75	1025
6	258	246	228	186	132	126	108	78	1025
7	273	266	238	203	154	133	112	91	1050
8	296	288	264	216	168	136	128	96	1050
9	315	297	279	234	171	144	126	99	1075
10	340	320	290	240	170	150	130	100	1120
11	363	330	308	253	187	165	132	110	1190
12	384	360	324	264	192	168	144	108	1190
13	390	364	338	286	208	169	156	117	1190
14	406	378	350	294	210	182	154	126	1240
15	420	405	360	300	225	180	165	120	1265
16	432	416	368	304	240	192	176	128	1310
17		425	374	323	238	204	170	136	1380
18		432	396	324	252	216	180	144	1430
19		456	399	342	247	209	190	152	1500
20			420	340	260	220	200	140	1525
21				357	273	231	210	147	1550
22				352	264	242	220	154	1595
23				368	276	253	207	161	1595
24				384	288	240	216	168	1620
25					300	250	225	175	1645
26					286	260	234	182	1670
27					297	270	216	189	1690
28					308	280	224	196	1740
29								203	1785
30								210	1810

Alle kostengegevens prijspeil juli 2003.

