

# RAPPORT

## PAALTECHNISCHE BEREKENING WIJZIGING 1

**Project:**

Amsterdam  
Eerste Helmersstraat 105  
Verbouwing

**VAN ROSSUM** RAADGEVENDE INGENIEURS

- Geen opmerkingen
- Zie opmerkingen
- Indiening BWT
- Ter informatie

Datum: 14-03-2024  
Paraaf: 5.1.2.e

Gecontroleerd op constructieve uitgangspunten

**Projectnummer** : W2024.166

**Volgnummer** : 2

**Datum** : 14 maart 2024

**Opdrachtgever** : Ras Heiwerken BV  
Marsdiep 6  
5321 MC Urk  
Tel. 0527 - 682821

**Opgesteld door** : 5.1.2.e

## 1 Inleiding

Voor de berekening(en) wordt gebruik gemaakt van de volgende voorschriften, aanbevelingen, richtlijnen en software.

### 1.1 Normen (indien toegepast)

- NEN-EN 206: Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit;
- NEN – EN 1536: 2010 +A1: 2015 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen";
- NEN-EN 1990+A1+A1/C2 Eurocode,
  - Grondslagen van het constructief ontwerp;
  - + Nationale bijlage;
- NEN-EN 1991-1-1+C1 Eurocode 1: Belastingen op constructies,
  - Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen;
  - + Nationale bijlage;
- NEN-EN 1992-2-1+C2 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies,
  - Deel 1.1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - + Nationale bijlage;
- NEN-EN 1993(+NB) Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies,
  - Deel 1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - Deel 5: Palen en damwanden;
  - Deel 8: Ontwerp en berekening van verbindingen;
- NEN-EN 1994-1-1+C1 Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies,
  - Deel 1.1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - + NB Nationale bijlage;
- NEN 9997-1:2016+C2:2017: Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels;
- NEN-EN 12063: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Damwanden;
- NEN-EN 12699: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Verdringingspalen;
- NEN-EN 14199: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Micropalen;
- NPR 2053: Nationale praktijkrichtlijn NPR 2053 Lasverbindingen met betonstaal en stalen strippen;
- NVN 6724: Voorschriften beton – In de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel – maart 2001;
- NEN 6008: Betonstaal;
- NEN 6741: Het uitvoeren van houten paalfunderingen;
- NEN 6742: Het uitvoeren van funderingen met geprefabriceerde betonnen palen;
- NEN 8005+C1: Nederlandse invulling van NEN-EN 206: Beton - Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit;
- NEN 8700: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen;
- NEN 8701: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren – Belastingen;
- NEN 8707: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Geotechnische constructies;
- NEN-EN 10025: Warmgewalste producten van constructiestaal, deel 1 tot en met deel 5,
- NEN-EN 10080: Staal voor het wapenen van beton, lasbaar betonstaal – Algemeen;
- NEN-EN 10219: Koudvervaardigde gelaste buisprofielen voor constructiedoeleinden, deel 1 tot en met deel 3.

## 1.2 Richtlijnen/ aanbevelingen (indien toegepast)

- CUR 109: Akoestisch doormeten funderingspalen;
- CUR 114: Toezicht op realisatie van paalfunderingen;
- CUR 162: Construeren met grond;
- CUR 166: Damwandconstructies;
- CUR 223: Meten–monitoren–bouwputten;
- CUR 228: Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen;
- CUR 229 Axiaal draagvermogen van palen;
- CUR 231: Handboek Diepwanden ontwerp en uitvoering;
- CUR 236: Ankerpalen;
- CUR 2004–1: Beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 0501: Betonstaal;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 1710: Het aanbrengen van stalen buissegmentpalen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 1721: Betonnen oplangers;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2302: Houten heipalen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2352/02: Betonnen heipalen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2356,
  - Algemeen: In de grond gevormde palen;
  - Bijlage A: Werkwijze bij het vervaardigen van schroefpalen, type Avegaarpalen;
  - Bijlage B: Werkwijze bij het vervaardigen van buisschroefpalen;
  - Bijlage C: Werkwijze bij het vervaardigen van ingeheide en schokkend of trillend getrokken palen;
  - Bijlage D: Werkwijze bij het vervaardigen van ingeheide palen met uitgeheide voet;
  - Bijlage E: Werkwijze bij het vervaardigen van trillingsvrij in de grond gevormde ingebrachte palen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2357: Heien van geprefabriceerde betonpalen;
- Richtlijnen constructie gemeente Almere, geldigheid vanaf d.d. 01–01–2017;
- Dienst Stadsontwikkeling Gemeente Utrecht, nummer wr 05: Uitvoering van schroefpalen; type Avegaar;
- Gemeente Breda, Richtlijn in de grond gevormde palen 'type avegaarpalen (vervaardiging van in de grond gevormde palen), status 'definitief', uitgave 'augustus 2004';

## 1.3 Software (indien toegepast)

- Microsoft Office,
  - Excel;
  - Word;
- Deltares Systems,
  - D–Sheet Piling;
  - D–Foundations;
  - D–Settlement;
  - D–Stability;
- Technosoft,
  - Paalfunderingen;
  - Funderingen op staal;
  - Construct;
  - Construct Liggers
  - Construct Raamwerken;
- MatrixFrame® Toolbox.





## Knikberekening

### Algemeen

Aanvullend op het laboratoriumonderzoek heeft de Technische Universität München (TUM) een nieuw wiskundig model opgesteld gebaseerd op een lineair elastisch plastische bedding. Om een bovengrens aan de kniklast te definiëren wordt een plastisch bezwijkcriterium vastgesteld. De staaf gaat uit van het principe van een staaf met een continue kniklengte (vrij vervormbaar).

### Modelbeschrijving

De basis voor het model van de (TUM) is gebaseerd op de Eurlerse/Engerse kniktheorie, waarbij de stabiliteit van een staaf dat onderhevig is aan een normaalkracht en excentriciteit wordt beschouwd. De grond is gemodelleerd als een lineair elastisch perfect plastische (LEPP) bedding en de maatgevende eigenvorm is aangenomen als een enkele knikvorm. Verder zijn in het model geometrische imperfecties geïmplementeerd gebaseerd op de EC3; deze zijn gemodelleerd als extra excentriciteit.

Verder maakt het model onderscheid tussen het bezwijken als gevolg van een overschreden knikstabiliteit en het plastisch bezwijken van de paal. Dit betekent dat het model dus zowel wiskundige als mechanische sterkte van de staaf beschouwt.

Het basis mechanicamodel, gebruikt door de TUM, blijft echter de staaf op een LEPP bedding. De oplossing is gegeven door hier onderstaande vergelijking, waarin  $e_0 = l_{buc} / imp$ .

$$N_{buc} = \frac{w_{ki} \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L}\right)^2 \cdot EI + k \cdot w_{ki} \cdot \left(\frac{L}{n \cdot \pi}\right)^2}{(w_{ki} + e_0)}$$

Waarin:

$N_{buc}$  = De maatgevende kniklast [kN]

$w_{ki}$  = de elastische grens van de bedding [m]

$k$  = de lineaire beddingconstante [kN/m<sup>2</sup>]

$e_0$  = de voorvervorming [m]

$L$  = lengte van het systeem [m]

Omdat er is aangenomen dat de kniklengte zich onafhankelijk van de randvoorwaarden kan ontwikkelen wordt de LEPP oplossing omschreven. Uit de mechanica volgt  $L_{buc} = v \cdot l / n$ . Substitutie in de LEPP oplossing van de hier bovenstaande vergelijking geeft:

$$N_{ki} = \frac{w_{ki} \cdot \left(\frac{\pi}{L_{buc}}\right)^2 \cdot EI + k \cdot w_{ki} \cdot \left(\frac{L_{buc}}{\pi}\right)^2}{\left(w_{ki} + \frac{L_{buc}}{imp}\right)}$$

Voor de bepaling van de maximale grondmobilisatie  $w_{ki}$  en de beddingconstante  $k$ , kunnen empirische relaties worden gebruikt. Voor de koppeling tussen verplaatsing en gronddruk kunnen bilaterale p-y relaties gebruikt worden op basis van bijvoorbeeld de API p-y curve.

De, in het model, voorgestelde relatie is gegeven door (Vogt et al 2005):

$$w_{ki} = \frac{6 \cdot C_u \leq p_u \leq 11 \cdot C_u}{60 \cdot C_u \leq k \leq 110 \cdot C_u}$$

In de vergelijking voor  $N_{ki}$ , wordt de effectieve staaf lengte  $L_{buc}$  bepaald door het minimaliseren van  $N_{ki}$ . De minimaal gevonden normaalkracht  $N_{ki}$  is de maatgevende kniklast met de bijbehorende  $L_{buc}$ .





De vergelijking voor  $N_{ki}$  geeft enkel de wiskundige instabiliteit van het mechanicasysteem weer. Voor de controle op de sterkte van de paal heeft de Technische Universität München (TUM) een check ingebouwd voor het bezwijken van de (anker-)paaldoorsnede. Er is gesteld, dat de paaldoorsnede kan bezwijken op het overschrijden van de plastische doorsnedecapaciteit alvorens de Eulerse knik. De basis van dit criterium wordt gegeven door de interactiekromme van de DIN18800, zie onderstaande vergelijking:

$$M = M_{pl} \left( 1 - \left( \frac{N}{N_{pl}} \right)^\alpha \right)$$

Men vindt:

$$\frac{N_u \cdot \frac{L_{buc}}{imp}}{\left( \frac{\pi}{L_{buc}} \right)^2 EI + k \cdot w_{ki} \cdot \left( \frac{L_{buc}}{\pi} \right)^2 - N_u} = \left( 1 - \left( \frac{N_u}{N_{pl}} \right)^\alpha \right) \cdot \frac{M_{pl} \cdot L_{buc}^2}{EI \cdot \pi^2} - \frac{L_{buc}}{imp}$$

waarin:

$N_u$  = de plastische kniklast van de paal [kN].

De linkerkzijde van deze uitdrukking geeft de effectieve momenten aan de paal weer. De rechterzijde het maximaal toegestane moment in de paaldoorsnede. Door deze vergelijking numeriek op te lossen, startend vanaf de bovengrens  $N_u = N_{pl}$ , kan de maximaal toegestane normaal  $N_u$  worden gevonden waarop het plastisch bezwijken optreedt.

De maatgevende bezwijklast wordt gevonden door  $N_{buc} = \min [N_{ki}, N_u]$ . Een aanname in deze beschrijving is, dat het vervorminggedrag van de paal elastisch blijft tot het bereiken van de equivalente doorsnedecapaciteit volgens de  $M_{pl} - N_{pl}$  interactie 18800. Uit mechanica volgt dat bij het bereiken van de vloeispanning en het bijbehorende vloeimoment  $M_y$  de constructie niet langer elastisch, maar elasto-plastisch zal gaan vervormen.

Het basisidee van het model, gebaseerd op proefresultaten, is dat de laagdikte van de cohesieve grond geen invloed heeft op de effectieve lengte van de paal. Met deze aanname geldt dat een vrij vervormbare staaf als mechanicamodel kan worden aangehouden.

In onderstaande lijst zijn de belangrijkste kenmerken van het model weergegeven:

- Semi-empirische model kan met een theoretische achtergrond gebaseerd op de Euler-Bernoulli staaf;
- De staaf een lineair elastische perfect plastische bedding (LEP) is de basis voor het mechanicamodel;
- Empirische relaties zijn nodig om de stijfheid en sterkte van de grond te koppelen. Hierbij kan een bi-lineaire p-y relatie worden aangenomen om de interactie tussen de paal en de cohesieve grond te beschrijven;
- Verschil tussen het instabiliteitscriterium voor de kniklast en het ontstaan van een vloeischarnier in de paaldoorsnede voordat de maximale grondreactie is gemobiliseerd;
- Stabiliteitsvoorwaarde is enkel gebaseerd op het bereiken van de maximale grondbobilisatie  $W_{ki}$  in het midden van de effectieve lengte van de paal;
- Verschillende randvoorwaarden, zoals inklemmingen en veren worden niet beschouwd. Het model is gebaseerd op de oplossing van een vrij vervormbare staaf;
- Materiaalimperfecties door middel van een boogvorming tot het bereiken van het equivalente plastische moment volgens de interactiecurve tussen M en N van DIN 18800. Dit is mechanisch gezien niet correct, omdat elasto-plastische vervormingen groter zijn, omdat de stijfheid van de paal afneemt.



**Berechnung stabilitätsgefährdeter Pfähle**

(Abschätzung der Traglast am unendlich langen Pfahl)

Version 1.5



Prof. Dr.-Ing. 5.1.2,e

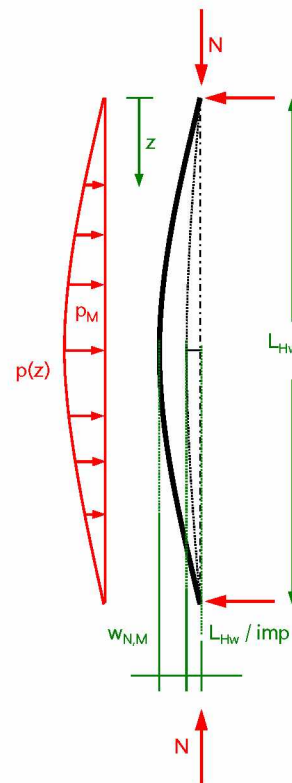
Dipl.-Ing. 5.1.2,e

Nachweiskonzept siehe Veröffentlichung "Bautechnik" 12/2005 mit Korrigendum 01/2006 oder Forschungsbericht IRB T-3084 )

Eingabe der Systemparameter: "Materialdaten Pfahl" z.B. aus den Hilfsdatenblättern, "Materialdaten Weichschicht" z.B. aus Drucksondierungen oder Flügelscherversuchen;

Berechnungsschritte im Excel-Programm:

1. Bestimmung der maßgebenden Länge der Knickhalbwelle  $L_{Hw}$ ;
2. Berechnung der Verzweigungslast des Systems Pfahl-Boden;
3. Prüfung, ob Zustandsgrößen (Biegespannungen) bei der Verzweigungslast zulässig sind;
4. Falls die Materialfestigkeit überschritten ist, ergibt sich die Traglast des Pfahles  $N_u$  aus dem Schnittpunkt der grünen (dünnen) Kurve mit der blauen (dicken) Linie im Kraft-Verformungs-Diagramm (N -  $w_{N,M}$  Diagramm);
5. Liegt der Verzweigungspunkt im N -  $w_{N,M}$  Diagramm innerhalb der grünen (dünnen) Linie, so ist die Verzweigungslast  $N_{ki}$  die Traglast des Pfahles  $N_u$ ;



**Materialdaten Pfahl**

\* verschiedene bauaufsichtliche Zulassungen des DIBt

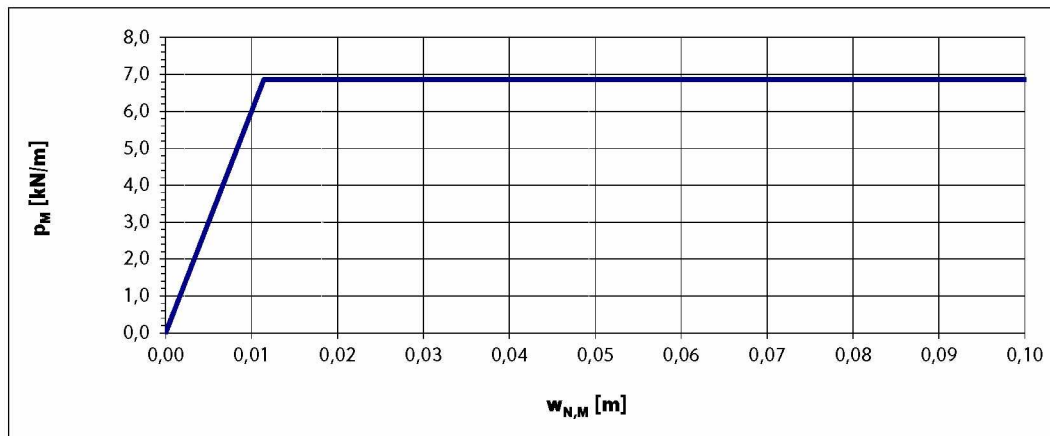
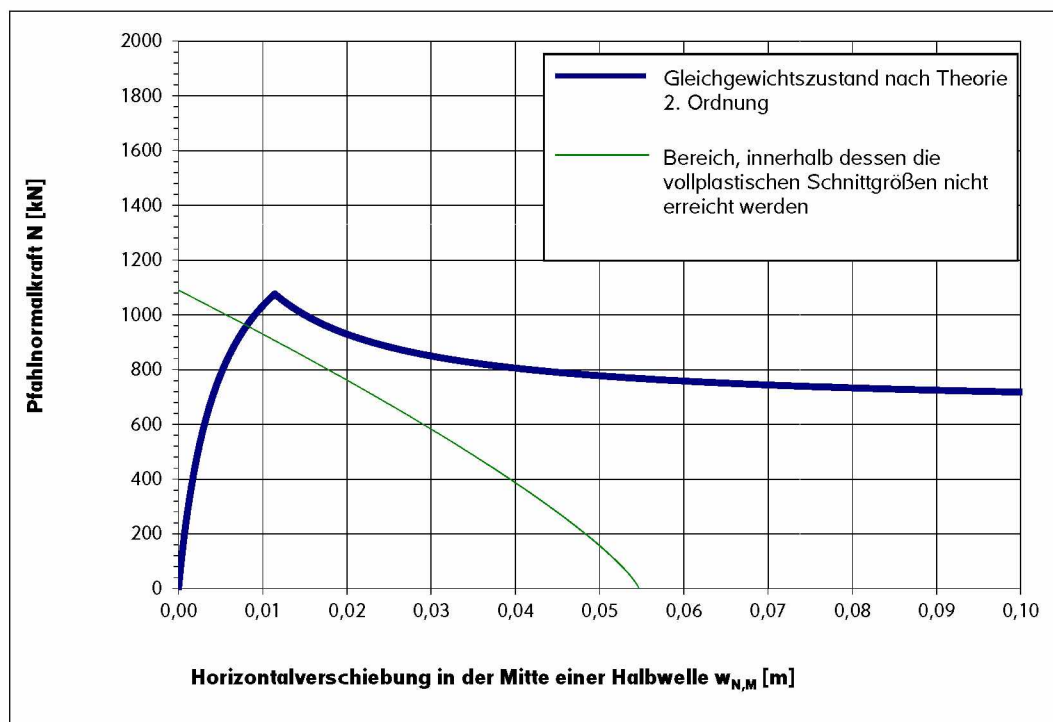
d	0,1143 [m]	Pfahldurchmesser (bei GEWI-Pfahl: Durchmesser Zementstein)
t	0,0100 [m]	Wanddicke Rohr
EI	944,29 [kNm <sup>2</sup> ]	Biegesteifigkeit des Pfahles (nach Zulassung*: nur aus Stahltragglied)
$N_{pl}$	1.163,20 [kN]	vollplastische Normalkraft (nach Zulassung*: nur aus Stahltragglied)
$M_{pl}$	38,74 [kNm]	vollplastisches Biegemoment (nach Zulassung*: nur aus Stahltragglied)
alpha	1,27 [-]	Exponent der vereinfachten Interaktionsbeziehung (bei GEWI: a = 1,7)
imp	800 [-]	Maß der Imperfektion (-1 für "perfekte" Pfähle)
imp <sub>ziel</sub>	212 [-]	--> gemäß Krümmungsradius 100 [m]

**Materialdaten Weichschicht**

$c_u$	10 [kN/m <sup>2</sup> ]	undrainierte Scherfestigkeit $c_u$ , aus Triaxialversuchen oder (Seiten-)drucksondierungen; Hinweis: organische Böden können hohe Scherfestigkeiten bei einer zugleich ausgeprägten Kompressibilität und Viskosität aufweisen; der Einfluss der Bodenviskosität auf $c_u$ ist zu berücksichtigen (z.B: $c_u = c_{u,ref} \cdot (1 + I_v \cdot \ln(\dot{\epsilon}_v / \dot{\epsilon}_{v,ref}))$ )
$k_l$	600 [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifigkeit der Linienfeder; --> üblich $60 \cdot c_u \leq k_l \leq 110 \cdot c_u$ ;
$p_f$	6,8580 [kN/m]	Fließspannung / Maximale Bodenreaktion; --> üblich: $6 \cdot c_u \cdot d \leq p_f \leq 11 \cdot c_u \cdot d$
$w_{ki}$	0,01143 [m]	Mobilisierungsweg, ergibt sich aus $k_l$ und $p_f$ ;

**Knicklänge**

$L_{Hw}$	3,78 [m]	Länge der Halbwelle der maßgebenden Knickfigur
----------	----------	--

Mobilisierungsfunktion der seitlichen BodenstützungKraft - Verschiebungs VerlaufLast- und Schnittgrößen des Pfahls

Knicklast  $N_{ki}$  (Pfahlnormalkraft  $N$  bei  $w_{ki}$ ) 1.076,06 [kN]

Biegemoment  $M$  am Verzweigungspunkt  $w_{ki}$  7,46 [kNm]

Zulässige Schnittgrößen überschritten? ja [-]

falls "nein" ergibt sich die Traglast  $N_u$  aus der Knicklast  $N_{ki}$ ;

falls "ja" erhält man die Traglast  $N_u$  aus dem Schnittpunkt der durchgezogenen blauen mit der gestrichelten grünen Linie im Diagramm "Kraft-Verschiebungs-Verlauf"

Traglast $N_u$	960,6 [kN]
----------------	------------

## CONTROLE STALEN BUIS

## NEN-EN 1993-1

(Alleen buis met beton-/groutvulling)

Versie: 25-01-2024

Projectnr.	W2024.166	Datum	08-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

## Bovenste meters

BESCHRIJVING CONSTRUCTIE			
Type constructie	=	Gebouwen en andere gewone constructies	Constructieklasse = S4
Ontwerplevensduurklasse (NEN-EN 1990)	=	3	Ontwerplevensduur = 50 jaar

BELASTINGEN (Conform NEN-EN 1990+A1+A1/C2)			
Drukkracht (max.)	$N_{Ed,max}$	=	570,00 kN [↓]
Trekkkracht (max.)	$N_{Et,max}$	=	0,00 kN [↑]
Dwarskracht (max.)	$V_{Ed,max}$	=	0,00 kN [→]
Moment (max.)	$M_{Ed,max}$	=	30,00 kN.m [∪]
		Paalmisstand (paalkop)	Volgens opgave constructeur
		Aansluiting = -	$M_{rep}$ = 0,00 kN.m [∪]
		$e_0$ = 0,0000 m	$\gamma_f$ = 0,00 [-]
		$M_{kop,Ed}$ = 0,00 kN.m [∪]	$M_{Ed}$ = 30,00 kN.m [∪]

STALEN BUIS (Constructiestaal $t \leq 40$ mm volgens NEN-EN 10025-2)			
Diameter stalen buis	$\phi_{buis}$	=	114,3 mm
Minimale wanddikte	$t_{min}$	=	12,5 mm
Omstandigheden (Groutschil)	Agressieve natuurlijke gronden (moeras, veen, onder water gelopen gronden)		
Conform NEN-EN 1993-5	$\Delta t$	=	0,60 mm
Gereduceerde wanddikte	$t_{buis,red.}$	=	11,90 mm
Staal kwaliteit	S	=	S355
Materiaalfactor	$\gamma_{m0}$	=	1,0
Rekenwaarde vloeigrens	$f_{y,d}$	=	355 N/mm <sup>2</sup>
Rekenwaarde treksterkte	$f_{t,d}$	=	510 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus	$E_y$	=	210.000 N/mm <sup>2</sup>

STATISCHE WAARDEN STALEN BUIS			
Oppervlakte buis	$A_{buis} = \frac{\pi}{4} [(D_{buis})^2 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^2]$	Oppervlakte staal	$A_{buis}$ = 3.997,7 mm <sup>2</sup>
Gereduceerde oppervlakte	$A_{buis,red} = \frac{\pi}{4} [(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^2 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^2]$	Netto oppervlakte staal	$A_{buis,red}$ = 3.783,4 mm <sup>2</sup>
Traagheidsmoment	$I_{buis,red} = \frac{\pi}{64} [(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^4 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^4]$	Traagheidsmoment staal	$I_{buis,red}$ = 4,910E+06 mm <sup>4</sup>
Elast. weerstandsmoment staal	$W_{y,el} = \frac{\pi}{32} \times \frac{(D_{buis} - 2 \cdot t)^3 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^3}{(D_{buis} - 2 \cdot t)}$	Elastisch weerstandsmoment staal	$W_{y,el}$ = 8,683E+04 mm <sup>3</sup>
Plast. weerstandsmoment staal	$W_{y,pl} = \frac{[(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^3 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^3]}{6}$	Plastisch weerstandsmoment staal	$W_{y,pl}$ = 1,224E+05 mm <sup>3</sup>

BETON (vulling in de buis, conform NEN-EN 1992-1-1+C2, art. 3.1.9. "Omsloten beton")			
Diameter beton	$\phi_c$	=	89,30 mm
Sterkteklasse NEN-EN 206	C	=	30/37
Omtrek betondoorsnede	$U_c$	=	281 mm
Oppervlakte betondoorsnede	$A_c$	=	6.263 mm <sup>2</sup>
Weerstandsmoment beton	$W_c$	=	6,991E+04 mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment beton	$I_c$	=	3,122E+06 mm <sup>4</sup>
Verhoogde kar. cilinderdruksterkte	$f_{ck,c}$	=	30,00 N/mm <sup>2</sup>
Coëfficiënt langedureffect	$\alpha_{cc}$	=	1,0
Partiële materiaalfactor	$\gamma_c$	=	1,5
Rekenwaarde sterkte	$f_{cd}$	=	20,0 N/mm <sup>2</sup>
Gemiddelde waarde cilinderdruksterkte	$f_{cm}$	=	38,0 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus	$E_{cm}$	=	32.837 N/mm <sup>2</sup>

KRUIPEFFECT			
Factor effect RH		Theoretische dikte	$h_0$ = 45 mm
$\phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \times \sqrt[3]{h_0}} \right]$ , voor $f_{cm} \leq 35$ MPa		Relatieve vochtigheid	RH = 100 %
$\phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \times \sqrt[3]{h_0}} \times \alpha_1 \right] \times \alpha_2$ , voor $f_{cm} > 35$ MPa		$\alpha_1 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,7}$	$\alpha_1$ = 0,94
		$\alpha_2 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,2}$	$\alpha_2$ = 0,98
		$\alpha_3 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,5}$	$\alpha_3$ = 0,96
		Effect relatieve vochtigheid	$\phi_{RH}$ = 0,98
Effect betonsterkte	$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$		$\beta(f_{cm})$ = 2,73
Effect tijdstip belasten	$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,20})}$	Belasten na	$t_0$ = 28 dagen
		Belastingsduur	$t$ = 18.250 dagen
		Factor belastingstijd	$\beta(t_0)$ = 0,49
Coëfficiënt ontwikkeling kruip in tijd		$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0,3}$	
$\beta_h = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)]^{1,8} \times h_0 + 250 \leq 1500$ , voor $f_{cm} \leq 35$ MPa			$\beta_h$ = 1.500,0
$\beta_h = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)]^{1,8} \times h_0 + 250 \times \alpha_3 \leq 1500$ , voor $f_{cm} \geq 35$ MPa			$\beta_{ct(t,0)}$ = 0,98
Theoretische kruipcoëfficiënt	$\phi_0 = \phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0)$		$\phi_0$ = 1,31
Kruipcoëfficiënt	$\phi_{(t,t_0)} = \phi_0 \times \beta(t, t_0)$		$\phi_{(t,0)}$ = 1,28
		Elasticiteitsmodulus	$E_0$ = 17.083 N/mm <sup>2</sup>

# CONTROLE STALEN BUIS

## NEN-EN 1993-1

(Alleen buis met beton-/groutvulling)

Versie: 25-01-2024

Projectnr.	W2024.166	Datum	08-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

Bovenste meters

VERDELING KRACHTEN			
<b>Normaalkracht</b>	$N_{Ed} = N_{Ed, \text{staal}} + N_{Ed, \text{beton}}$ $N'_{b} = \frac{N'_{d}}{\frac{E_{\text{staal}} \times A_{\text{staal}}}{E'_{\text{beton}} \times A_{\text{beton}}} + 1}$	als: $\delta_{\text{staal}} = \delta_{\text{beton}}$	$N_{Ed, \text{beton}} = 64,4 \text{ kN}$ $N_{Ed, \text{staal}} = 505,6 \text{ kN}$
<b>Dwarskracht</b>	$V'_{d} = V'_{\text{staal}} + V'_{\text{beton}}$ $V'_{b} = \frac{V'_{d}}{\frac{E_{\text{staal}} \times A_{\text{staal}}}{E'_{\text{beton}} \times A_{\text{beton}}} + 1}$	als: $\delta_{\text{staal}} = \delta_{\text{beton}}$	$V_{Ed, \text{beton}} = 0,0 \text{ kN}$ $V_{Ed, \text{staal}} = 0,0 \text{ kN}$
<b>Moment</b>	$M_{Ed} = M_{Ed, \text{staal}} + M_{Ed, \text{beton}}$ $M'_{b} = \frac{M'_{d}}{\frac{E_{\text{staal}} \times I_{\text{staal}}}{E'_{\text{beton}} \times I_{\text{beton}}} + 1}$	als: $K_{\text{staal}} = K_{\text{beton}}$	$M_{Ed, \text{beton}} = 1,5 \text{ kNm}$ $M_{Ed, \text{staal}} = 28,5 \text{ kNm}$

CONTROLE BETONDOORSNEDE	
BUIGING EN/OF NORMAALKRACHT	DWARSKRACHT
	$\tau_{d,v} = \frac{V_{Ed}}{b \times d}$ <p>In de berekening wordt uitgegaan dat de dwarskracht door de doorsnede van de stalen buis wordt opgenomen</p>

PROFIELKLASSE (conform tabel 5.2 NEN-EN 1993-1-1 + C2/NB)	
factor die invloed van de vloeigrens op de doorsnede classificatie	$\epsilon = 0,81$ $\epsilon^2 = 0,66$
buis/wanddikte $d/t$ 9	<b>Klasse 1</b>

CAPACITEIT VAN DE DOORSNEDE (conform art. 6 NEN-EN 1993-1)	
Drukkracht $N_{c,Rd}$	$= 1.343,1 \text{ kN} (= N_{pl,d})$
Trekkraft $N_{t,Rd}$	$= 1.343,1 \text{ kN} (= N_{pl,d})$
Dwarskracht $V_{v,Rd}$	$= 493,7 \text{ kN}$
Moment om y-as $M_{v,Rd}$	$= 30,8 \text{ kN.m}$
	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$ $V_{pl,Rd} = 493,7 \text{ kN}$ $M_{pl,Rd} = 43,5 \text{ kN.m}$

BUIGING MET NORMAALKRACHT EN AFSCHUIVING (conform art. 6.2.10 NEN-EN 1993-1-1 + C2/NB)	
$\frac{V_{z,Rd}}{V_{pl,Rd}} = 0,00$ $N_{v,Rd} = q \cdot N_{pl,Rd}$ $M_{v,Rd} = q \cdot M_{pl,Rd}$	$q = 1,03 \sqrt{1 - \left(\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}}\right)^2}$ $q = 0,00$ <p>Rekenw. cap. normaalkracht <math>N_{v,Rd} = 0,0 \text{ kN}</math></p> <p>Rekenw. cap. buigend moment <math>M_{v,Rd} = 0,0 \text{ kN.m}</math></p>
Voorwaarden	Eis :
$\frac{M_{Ed}}{1,04 \times M_{v,Rd}} = 0,631$ $\left(\frac{N_{e,d}}{N_{pl,Rd}}\right)^{1,7} = 0,190$ $\left(\frac{V_{e,d}}{V_{pl,Rd}}\right)^{1,7} = 0,000$	$\frac{M_{Ed}}{1,04 \times M_{v,Rd}} + \left(\frac{N_{e,d}}{N_{pl,Rd}}\right)^{1,7} + \left(\frac{V_{e,d}}{V_{pl,Rd}}\right)^{1,7} \leq 1,0$ <p>waarde: 0,821 <math>\leq 1,0</math> Voldoet</p>

## CONTROLE STALEN BUIS

## NEN-EN 1993-1

(Alleen buis met beton-/groutvulling)

Versie: 25-01-2024

Projectnr.	W2024.166	Datum	08-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

## Resterende paallengte

BESCHRIJVING CONSTRUCTIE			
Type constructie	=	Gebouwen en andere gewone constructies	Constructieklasse = S4
Ontwerplevensduurklasse (NEN-EN 1990)	=	3	Ontwerplevensduur = 50 jaar

BELASTINGEN (Conform NEN-EN 1990+A1+A1/C2)			
Drukkraft (max.)	$N_{Ed,max}$	=	570,00 kN [↓]
Trekkraft (max.)	$N_{Et,max}$	=	0,00 kN [↑]
Dwarskracht (max.)	$V_{Ed,max}$	=	0,00 kN [→]
Moment (max.)	$M_{Ed,max}$	=	30,00 kN.m [∪]
			Paalmisstand (paalkop)
			Aansluiting = -
			$e_0 = 0,0000$ m
			$M_{kop,Ed} = 0,00$ kN.m [∪]
			Volgens opgave constructeur
			$M_{rep} = 0,00$ kN.m [∪]
			$\gamma_f = 0,00$ [-]
			$M_{Ed} = 30,00$ kN.m [∪]

STALEN BUIS (Constructiestaal $t \leq 40$ mm volgens NEN-EN 10025-2)			
Diameter stalen buis	$\phi_{buis}$	=	114,3 mm
Minimale wanddikte	$t_{min}$	=	10,0 mm
Omstandigheden (Groutschil)	Agressieve natuurlijke gronden (moeras, veen, onder water gelopen gronden)		
Conform NEN-EN 1993-5	$\Delta t$	=	0,60 mm
Gereduceerde wanddikte	$t_{buis,red.}$	=	9,40 mm
			Staaikwaliteit S = S355
			Materiaalfactor $\gamma_{m0} = 1,0$
			Rekenwaarde vloeigrens $f_{y,d} = 355$ N/mm <sup>2</sup>
			Rekenwaarde treksterkte $f_{t,d} = 510$ N/mm <sup>2</sup>
			Elasticiteitsmodulus $E_y = 210.000$ N/mm <sup>2</sup>

STATISCHE WAARDEN STALEN BUIS			
Oppervlakte buis	$A_{buis} = \frac{\pi}{4} [(D_{buis})^2 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^2]$		Oppervlakte staal $A_{buis} = 3.276,7$ mm <sup>2</sup>
Gereduceerde oppervlakte	$A_{buis,red} = \frac{\pi}{4} [(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^2 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^2]$		Netto oppervlakte staal $A_{buis,red} = 3.062,4$ mm <sup>2</sup>
Traagheidsmoment	$I_{buis,red} = \frac{\pi}{64} [(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^4 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^4]$		Traagheidsmoment staal $I_{buis,red} = 4,150E+06$ mm <sup>4</sup>
Elast. weerstandsmoment staal	$W_{y,el} = \frac{\pi}{32 \times (D_{buis} - 2 \cdot t)} [(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^4 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^4]$		Elastisch weerstandsmoment staal $W_{y,el} = 7,339E+04$ mm <sup>3</sup>
Plast. weerstandsmoment staal	$W_{y,pl} = \frac{[(D_{buis} - 2 \cdot \Delta t)^3 - (D_{buis} - 2 \cdot t)^3]}{6}$		Plastisch weerstandsmoment staal $W_{y,pl} = 1,014E+05$ mm <sup>3</sup>

BETON (vulling in de buis, conform NEN-EN 1992-1-1+C2, art. 3.1.9. "Omsloten beton")			
Diameter beton	$\phi_c$	=	94,30 mm
Sterkteklasse NEN-EN 206	C	=	30/37
Omtrek betondoorsnede	$U_c$	=	296 mm
Oppervlakte betondoorsnede	$A_c$	=	6.984 mm <sup>2</sup>
Weerstandsmoment beton	$W_c$	=	8,233E+04 mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment beton	$I_c$	=	3,882E+06 mm <sup>4</sup>
			Verhoogde kar. cilinderdruksterkte $f_{ck,c} = 30,00$ N/mm <sup>2</sup>
			Coëfficiënt langedureffect $\alpha_{cc} = 1,0$
			Partiële materiaalfactor $\gamma_c = 1,5$
			Rekenwaarde sterkte $f_{cd} = 20,0$ N/mm <sup>2</sup>
			Gemiddelde waarde cilinderdruksterkte $f_{cm} = 38,0$ N/mm <sup>2</sup>
			Elasticiteitsmodulus $E_{cm} = 32.837$ N/mm <sup>2</sup>

KRUIPEFFECT			
Factor effect RH			Theoretische dikte $h_0 = 47$ mm
$\Phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \times \sqrt[3]{h_0}} \right]$ , voor $f_{cm} \leq 35$ MPa			Relatieve vochtigheid RH = 100 %
$\Phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \times \sqrt[3]{h_0}} \times \alpha_1 \right] \times \alpha_2$ , voor $f_{cm} > 35$ MPa			$\alpha_1 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,7}$
			$\alpha_2 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,2}$
			$\alpha_3 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,5}$
			Effect relatieve vochtigheid $\Phi_{RH} = 0,98$
Effect betonsterkte	$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$		$\beta(f_{cm}) = 2,73$
Effect tijdstip belasten	$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,20})}$		Belasten na $t_0 = 28$ dagen
			Belastingsduur $t = 18.250$ dagen
			Factor belastingstijd $\beta(t_0) = 0,49$
Coëfficiënt ontwikkeling kruip in tijd			$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0,3}$
$\beta_h = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)]^{1,8} \times h_0 + 250 \leq 1500$ , voor $f_{cm} \leq 35$ MPa			$\beta_h = 1.500,0$
$\beta_h = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)]^{1,8} \times h_0 + 250 \times \alpha_3 \leq 1500$ , voor $f_{cm} \geq 35$ MPa			$\beta_{ct(t,0)} = 0,98$
Theoretische kruipcoëfficiënt	$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0)$		$\Phi_0 = 1,31$
Kruipcoëfficiënt	$\Phi_{(t,t_0)} = \Phi_0 \times \beta(t, t_0)$		$\Phi_{(t,t_0)} = 1,28$
			Elasticiteitsmodulus $E_0 = 17.083$ N/mm <sup>2</sup>

# CONTROLE STALEN BUIS

## NEN-EN 1993-1

(Alleen buis met beton-/groutvulling)

Versie: 25-01-2024

Projectnr.	W2024.166	Datum	08-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

Resterende paallengte

VERDELING KRACHTEN			
<b>Normaalkracht</b>	$N_{Ed} = N_{Ed, \text{staal}} + N_{Ed, \text{beton}}$ $N'_{b} = \frac{N'_{d}}{\frac{E_{\text{staal}} \times A_{\text{staal}}}{E'_{\text{beton}} \times A_{\text{beton}}} + 1}$	als: $\delta_{\text{staal}} = \delta_{\text{beton}}$	$N_{Ed, \text{beton}} = 84,2 \text{ kN}$ $N_{Ed, \text{staal}} = 485,8 \text{ kN}$
<b>Dwarskracht</b>	$V'_{d} = V'_{\text{staal}} + V'_{\text{beton}}$ $V'_{b} = \frac{V'_{d}}{\frac{E_{\text{staal}} \times A_{\text{staal}}}{E'_{\text{beton}} \times A_{\text{beton}}} + 1}$	als: $\delta_{\text{staal}} = \delta_{\text{beton}}$	$V_{Ed, \text{beton}} = 0,0 \text{ kN}$ $V_{Ed, \text{staal}} = 0,0 \text{ kN}$
<b>Moment</b>	$M_{Ed} = M_{Ed, \text{staal}} + M_{Ed, \text{beton}}$ $M'_{b} = \frac{M'_{d}}{\frac{E_{\text{staal}} \times I_{\text{staal}}}{E'_{\text{beton}} \times I_{\text{beton}}} + 1}$	als: $K_{\text{staal}} = K_{\text{beton}}$	$M_{Ed, \text{beton}} = 2,1 \text{ kNm}$ $M_{Ed, \text{staal}} = 27,9 \text{ kNm}$

CONTROLE BETONDOORSNEDE	
BUIGING EN/OF NORMAALKRACHT	DWARSKRACHT
	$\tau_{d,v} = \frac{V_{Ed}}{b \times d}$ <p>In de berekening wordt uitgegaan dat de dwarskracht door de doorsnede van de stalen buis wordt opgenomen</p>

PROFIELKLASSE (conform tabel 5.2 NEN-EN 1993-1-1 + C2/NB)	
factor die invloed van de vloeigrens op de doorsnede classificatie	$\epsilon = 0,81$ $\epsilon^2 = 0,66$
buis/wanddikte $d/t$ 11	<b>Klasse 1</b>

CAPACITEIT VAN DE DOORSNEDE (conform art. 6 NEN-EN 1993-1)	
Drukkracht $N_{c,Rd}$	$= 1.087,1 \text{ kN} (= N_{pl,d})$
Trekkraft $N_{t,Rd}$	$= 1.087,1 \text{ kN} (= N_{pl,d})$
Dwarskracht $V_{v,Rd}$	$= 399,6 \text{ kN}$
Moment om y-as $M_{v,Rd}$	$= 26,1 \text{ kN.m}$
	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$ $V_{pl,Rd} = 399,6 \text{ kN}$ $M_{pl,Rd} = 36,0 \text{ kN.m}$

BUIGING MET NORMAALKRACHT EN AFSCHUIVING (conform art. 6.2.10 NEN-EN 1993-1-1 + C2/NB)	
$\frac{V_{z,Rd}}{V_{pl,Rd}} = 0,00$ $N_{v,Rd} = q \cdot N_{pl,Rd} \quad N_{v,Rd} = q \cdot N_{pl,Rd}$ $M_{v,Rd} = q \cdot M_{pl,Rd} \quad M_{v,Rd} = q \cdot M_{pl,Rd}$	$q = 1,03 \sqrt{1 - \left(\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}}\right)^2} \quad q = 0,00$ <p>Rekenw. cap. normaalkracht <math>N_{v,Rd} = 0,0 \text{ kN}</math></p> <p>Rekenw. cap. buigend moment <math>M_{v,Rd} = 0,0 \text{ kN.m}</math></p>
Voorwaarden	Eis :
$\frac{M_{Ed}}{1,04 \times M_{v,Rd}} = 0,745$ $\left(\frac{N_{e,d}}{N_{pl,Rd}}\right)^{1,7} = 0,254$ $\left(\frac{V_{e,d}}{V_{pl,Rd}}\right)^{1,7} = 0,000$	$\frac{M_{Ed}}{1,04 \times M_{v,Rd}} + \left(\frac{N_{e,d}}{N_{pl,Rd}}\right)^{1,7} + \left(\frac{V_{e,d}}{V_{pl,Rd}}\right)^{1,7} \leq 1,0$ <p>waarde: 0,999 <math>\leq 1,0</math> Voldoet</p>

# BEREKENING VIERKANTE PONSPLAAT

(drukverdeelplaat t.b.v. (beton)constructie)

Versie: 25-01-2024

Projectnr.	W2024.166	Datum	08-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

TIMOSHENKO E/A: THEORY OF SHELL AND PLATES		STAALCONSTRUCTIE NEN EN 1993-7)																																																																																																																																																													
<p>62 THEORY OF PLATES AND SHELLS</p> <p>Case 1, Case 2, Case 3, Case 4, Case 5, Case 6, Case 7, Case 8, Case 9, Case 10</p> <p>FIG. 36</p> <p>TABLE 3. COEFFICIENTS <math>k</math> AND <math>k_1</math> IN EQS. (75) AND (76) FOR THE TEN CASES SHOWN IN FIG. 36</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>a/b =</math></th> <th colspan="2">1.25</th> <th colspan="2">1.5</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2">3</th> <th colspan="2">4</th> <th colspan="2">5</th> </tr> <tr> <th>Case</th> <th><math>k</math></th> <th><math>k_1</math></th> <th><math>k</math></th> <th><math>k_1</math></th> <th><math>k</math></th> <th><math>k_1</math></th> <th><math>k</math></th> <th><math>k_1</math></th> <th><math>k</math></th> <th><math>k_1</math></th> <th><math>k</math></th> <th><math>k_1</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.10</td> <td>0.341</td> <td>1.26</td> <td>0.519</td> <td>1.48</td> <td>0.672</td> <td>1.88</td> <td>0.734</td> <td>2.17</td> <td>0.724</td> <td>2.34</td> <td>0.704</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.66</td> <td>0.202</td> <td>1.19</td> <td>0.491</td> <td>2.04</td> <td>0.902</td> <td>3.34</td> <td>1.220</td> <td>4.30</td> <td>1.300</td> <td>5.10</td> <td>1.310</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.135</td> <td>0.00231</td> <td>0.410</td> <td>0.0183</td> <td>1.04</td> <td>0.0938</td> <td>2.15</td> <td>0.293</td> <td>2.99</td> <td>0.448</td> <td>3.69</td> <td>0.564</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.122</td> <td>0.00343</td> <td>0.336</td> <td>0.0313</td> <td>0.74</td> <td>0.1250</td> <td>1.21</td> <td>0.291</td> <td>1.45</td> <td>0.417</td> <td>1.59</td> <td>0.492</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.090</td> <td>0.00077</td> <td>0.273</td> <td>0.0062</td> <td>0.71</td> <td>0.0329</td> <td>1.54</td> <td>0.110</td> <td>2.23</td> <td>0.179</td> <td>2.80</td> <td>0.234</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.115</td> <td>0.00129</td> <td>0.220</td> <td>0.0064</td> <td>0.405</td> <td>0.0237</td> <td>0.703</td> <td>0.062</td> <td>0.933</td> <td>0.092</td> <td>1.13</td> <td>0.114</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0.592</td> <td>0.184</td> <td>0.976</td> <td>0.414</td> <td>1.440</td> <td>0.664</td> <td>1.880</td> <td>0.824</td> <td>2.08</td> <td>0.830</td> <td>2.19</td> <td>0.813</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.227</td> <td>0.00510</td> <td>0.428</td> <td>0.0249</td> <td>0.753</td> <td>0.0877</td> <td>1.205</td> <td>0.209</td> <td>1.514</td> <td>0.293</td> <td>1.745</td> <td>0.350</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>0.194</td> <td>0.00504</td> <td>0.320</td> <td>0.0242</td> <td>0.454</td> <td>0.0810</td> <td>0.673</td> <td>0.172</td> <td>1.021</td> <td>0.217</td> <td>1.305</td> <td>0.238</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.105</td> <td>0.00199</td> <td>0.259</td> <td>0.0139</td> <td>0.480</td> <td>0.0575</td> <td>0.657</td> <td>0.130</td> <td>0.710</td> <td>0.162</td> <td>0.730</td> <td>0.175</td> </tr> </tbody> </table>		$a/b =$	1.25		1.5		2		3		4		5		Case	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	1	1.10	0.341	1.26	0.519	1.48	0.672	1.88	0.734	2.17	0.724	2.34	0.704	2	0.66	0.202	1.19	0.491	2.04	0.902	3.34	1.220	4.30	1.300	5.10	1.310	3	0.135	0.00231	0.410	0.0183	1.04	0.0938	2.15	0.293	2.99	0.448	3.69	0.564	4	0.122	0.00343	0.336	0.0313	0.74	0.1250	1.21	0.291	1.45	0.417	1.59	0.492	5	0.090	0.00077	0.273	0.0062	0.71	0.0329	1.54	0.110	2.23	0.179	2.80	0.234	6	0.115	0.00129	0.220	0.0064	0.405	0.0237	0.703	0.062	0.933	0.092	1.13	0.114	7	0.592	0.184	0.976	0.414	1.440	0.664	1.880	0.824	2.08	0.830	2.19	0.813	8	0.227	0.00510	0.428	0.0249	0.753	0.0877	1.205	0.209	1.514	0.293	1.745	0.350	9	0.194	0.00504	0.320	0.0242	0.454	0.0810	0.673	0.172	1.021	0.217	1.305	0.238	10	0.105	0.00199	0.259	0.0139	0.480	0.0575	0.657	0.130	0.710	0.162	0.730	0.175	<b>Ponsplaat</b> Vierkant of rond [V/R] V <input type="checkbox"/> Oplegging [I/N] <b>J</b> <input type="checkbox"/> Afmeting ponsplaat □ 300,0 mm Equivalente diameter $\emptyset_{\text{ponsplaat}}$ 354,0 mm Dikte $t_{\text{ponsplaat}}$ 45,0 mm Straal $R_{\text{ponsplaat}}$ 177,0 mm Staalkwaliteit S S355 Vloegrens $f_y$ 335 N/mm <sup>2</sup>	
$a/b =$	1.25		1.5		2		3		4		5																																																																																																																																																				
Case	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$																																																																																																																																																			
1	1.10	0.341	1.26	0.519	1.48	0.672	1.88	0.734	2.17	0.724	2.34	0.704																																																																																																																																																			
2	0.66	0.202	1.19	0.491	2.04	0.902	3.34	1.220	4.30	1.300	5.10	1.310																																																																																																																																																			
3	0.135	0.00231	0.410	0.0183	1.04	0.0938	2.15	0.293	2.99	0.448	3.69	0.564																																																																																																																																																			
4	0.122	0.00343	0.336	0.0313	0.74	0.1250	1.21	0.291	1.45	0.417	1.59	0.492																																																																																																																																																			
5	0.090	0.00077	0.273	0.0062	0.71	0.0329	1.54	0.110	2.23	0.179	2.80	0.234																																																																																																																																																			
6	0.115	0.00129	0.220	0.0064	0.405	0.0237	0.703	0.062	0.933	0.092	1.13	0.114																																																																																																																																																			
7	0.592	0.184	0.976	0.414	1.440	0.664	1.880	0.824	2.08	0.830	2.19	0.813																																																																																																																																																			
8	0.227	0.00510	0.428	0.0249	0.753	0.0877	1.205	0.209	1.514	0.293	1.745	0.350																																																																																																																																																			
9	0.194	0.00504	0.320	0.0242	0.454	0.0810	0.673	0.172	1.021	0.217	1.305	0.238																																																																																																																																																			
10	0.105	0.00199	0.259	0.0139	0.480	0.0575	0.657	0.130	0.710	0.162	0.730	0.175																																																																																																																																																			
		<b>OPLEGRING</b>																																																																																																																																																													
		<b>Oplegging</b> Diameter $\emptyset$ 168,3 mm Minimale wanddikte $t_{\text{min}}$ 25,0 mm Straal $R_{\text{buis}}$ 71,7 mm Staalkwaliteit S S355 Vloegrens $f_y$ 355 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																													
		<b>MECHANICASYSTEEM</b>																																																																																																																																																													
		<b>Waarden tabel</b>																																																																																																																																																													
		Tabel	3 (blz 62)																																																																																																																																																												
		Case	2																																																																																																																																																												
		<b>Belastingen</b>																																																																																																																																																													
		Paalbelasting $N_{E,d}$	570,0 kN																																																																																																																																																												
		Oppervlakte $A_{\text{totaal}}$	76.177 mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																												
		Verdeeld $q$	7,48 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																												
		Oppervlakte $A_{\text{ponsplaat}}$	71.339 mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																												
		<b>Buigend moment</b>																																																																																																																																																													
		$a/b (=R/r)$	2,47																																																																																																																																																												
		$k$	2,65																																																																																																																																																												
		$M$	37.421 Nmm																																																																																																																																																												
		Spanning $\sigma$	307,0 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																												
		<b>Dwarskracht</b>																																																																																																																																																													
		Dwarskracht $D$	615.780 N																																																																																																																																																												
		Schuifspanning $\tau$	30,4 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																												
		<b>Vergelijkingspanning</b>																																																																																																																																																													
		$\sigma_{vg1}$	311,5 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																																																												
		Unity check u.c.	0,93 ≤ 1,0 Voldoet																																																																																																																																																												

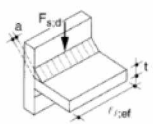
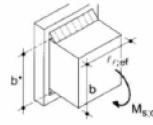
Theory of plates and shells – Stephen P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger

Opmerking: Ponsplaat i.v.m. corrosiebescherming omstorten met beton min. C20/25, dekking ≥75 mm

## BEREKENING OPLEGRING EN –PLAAT NEN–EN 1993

Versie: 25-01-2024

Projectnummer	W2024.166	Datum	08-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

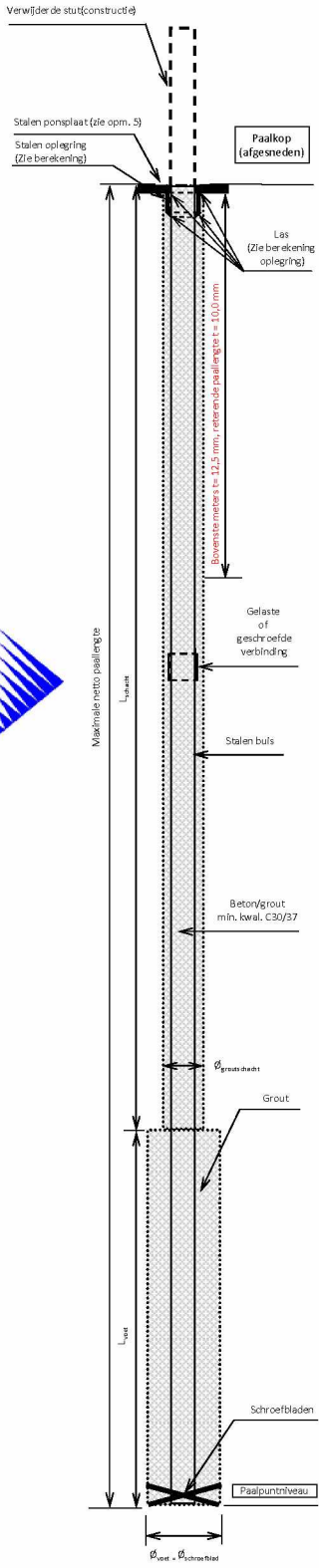
OPLEGGING			
Diameter buis	d	=	114,3 mm
Doorsnede oplegging	D	=	168,3 mm
Wanddikte	wd = e	=	25,0 mm
Dikte oplegging	t	=	40 mm
Hoogte vellingkanten	u	=	12 mm
Oplegvlak per mm	A	=	33,4 mm <sup>2</sup> /mm breedte
Overstek	e	=	27 mm
Paalbelasting	N <sub>E;d</sub>	=	570,0 kN
Drukspanning	ρ <sub>d</sub>	=	47,6 N/mm <sup>2</sup>
LASVERBINDING MET STALEN BUIS			
		$\sigma_1 = \tau_1 = \frac{F_{s;d} \sqrt{2}}{4a l_{ef}}; \tau_2 = 0$	
Dwarskracht in las	V <sub>d</sub>	1.587	N/mm breedte
Keeldoorsnede las	a	8	mm
Effectieve lengte	l <sub>ef</sub>	1	mm (breedte)
	s <sub>1</sub> = τ <sub>1</sub>	70,2	N/mm <sup>2</sup>
		$\sigma_1 = \tau_1 = \frac{M_{s;d}}{\sqrt{2} \cdot a l_{ef} b^*} \text{ met } b^* = b + \frac{2}{3} a \sqrt{2}; \tau_2 = 0$	
Moment in las	M <sub>d</sub>	40.448	Nmm/mm breedte
Keeldoorsnede las	a	8	mm
Effectieve lengte	l <sub>ef</sub>	1	mm (breedte)
Dikte	b	16	mm (e - 2 x u)
Gereduceerde dikte	b*	23,5	mm
	s <sub>1</sub> = τ <sub>1</sub>	151,9	N/mm <sup>2</sup>
LASCONTROLE			
Vloei spanning materiaal	f <sub>y;d</sub>	355	N/mm <sup>2</sup>
Optredende lasspanning	σ <sub>w;s;d</sub>	256,4	N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare lasspanning	f <sub>w;pl;d</sub>	261,7	N/mm <sup>2</sup>
<b>Unity check</b>		0,979	≤1,0 Voldoet
PONSPLAAT			
Diameter paal (buis)	d <sub>buis</sub>	114,3	mm
Doorsnede ponsplaat	D	354	mm
Dikte ponsplaat	t	45	mm
Vellingkant	u	12	mm
Netto dikte t.p.v. paal	t <sub>net</sub>	33	mm
Oplegvlak	A	171,8	mm <sup>2</sup> /mm
Overstek	e	83,9	mm
Paalbelasting	N <sub>E;d</sub>	570,0	kN
Drukspanning	ρ <sub>d</sub>	7,48	N/mm <sup>2</sup>
Dwarskracht in plaat	V <sub>E;d</sub>	1.285	N/mm
Moment in plaat	M <sub>E;d</sub>	61.377	Nmm/mm breedte
CAPACITEIT PONSPLAAT			
Vloei spanning materiaal	f <sub>y;d</sub>	355	N/mm <sup>2</sup>
Netto dikte plaat	t <sub>net</sub>	33,0	mm
	1/2 t <sub>net</sub>	16,5	mm
	M <sub>o;pl</sub>	93.159	Nmm
			t <sub>w</sub> = 1
<b>Unity check</b>		0,930	≤1,0 Voldoet

**PAALTECHNISCHE BEREKENING**  
Ingeschroefde stalen buispaal met groutschil (SIP)

**Aansluiting paal aan constructie:**  
Er moet vooral gelet worden op de aansluiting tussen de paal en constructie, waarbij opgemerkt wordt dat het wapenen van de paal maar (zeer) beperkt mogelijk is.  
  
Benodigde ponsvoorziening door constructeur te bepalen en te berekenen

Projectnr.	W2024.166	Datum	14-03-2024
Plaats	Amsterdam		
Straat	Eerste Helmersstraat 105		
Project	Verbouwing		

Versie: 25-01-2024



Paalkenmerk					
<b>ALGEMENE GEGEVENS</b>					
Aantal palen	M	41 stuks	3 stuks	0 stuks	0 stuks
Afmetingen $\varnothing_{buis}/\varnothing_{schacht}/\varnothing_{schroefblad}$		$\varnothing 114/180/350$	$\varnothing 114/180/350$	0	0
Stalen buis	$\varnothing_{buis}$	114,3 mm <sup>1</sup>	114,3 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>
Minimale wanddikte	$t_{min}$	12,5 mm <sup>1</sup>	12,5 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>
Corrosie (NEN-EN 1993-5)	$\Delta_c$	0,60 mm <sup>1</sup>	0,60 mm <sup>1</sup>	0,00 mm <sup>1</sup>	0,00 mm <sup>1</sup>
Netto wanddikte	$t_{corrosie}$	11,90 mm <sup>1</sup>	11,90 mm <sup>1</sup>	0,00 mm <sup>1</sup>	0,00 mm <sup>1</sup>
Schachtdiameter <sup>3)</sup>	$\varnothing_{schacht}$	180,0 mm <sup>1</sup>	180,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>
Voetdiameter <sup>4)</sup>	$\varnothing_{voet}$	350,0 mm <sup>1</sup>	350,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>
Schroefbladdiameter	$\varnothing_{schroefblad}$	350,0 mm <sup>1</sup>	350,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>	0,0 mm <sup>1</sup>
Lengte schacht <sup>1)</sup>	$L_{schacht}$	14,55 m <sup>1</sup>	14,90 m <sup>1</sup>	0,00 m <sup>1</sup>	0,00 m <sup>1</sup>
(Maximale) lengte voet <sup>1)</sup>	$L_{voet,max}$	1,50 m <sup>1</sup>	1,50 m <sup>1</sup>	0,00 m <sup>1</sup>	0,00 m <sup>1</sup>
Maximale netto paallengte	$L_{paal}^{1)}$	16,05 m <sup>1</sup>	16,40 m <sup>1</sup>	0,00 m <sup>1</sup>	0,00 m <sup>1</sup>
<b>BELASTINGEN</b>					
Maximale drukbelasting	$N_{Ed,max}$	570,00 kN [↓]	570,00 kN [↓]	0,00 kN [↓]	0,00 kN [↓]
Maximale trekbelasting	$N_{Ed,tot,max}$	0,00 kN [↑]	0,00 kN [↑]	0,00 kN [↑]	0,00 kN [↑]
Max. horizontale belasting	$V_{Ed,max}$	0,00 kN [->]	0,00 kN [->]	0,00 kN [->]	0,00 kN [->]
Maximale (kop-)moment	$M_{Ed,max}$	30,00 kNm [∪]	30,00 kNm [∪]	0,00 kNm [∪]	0,00 kNm [∪]
<b>WAPENING (NEN-EN 10080)</b>					
Betonstaal			0		
Vloei grens	$f_{yk}$	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_s$	0,00	0,00	0,00	0,00
Rekenwaarde	$f_{y,rd}$	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Aantal staven	n	0 stuks	0 stuks	0 stuks	0 stuks
Staafdiameter	$\varnothing_{k,pm}$	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>
Steklengte	$l_{st}$	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>
(Netto) lengte wapening	$L_{wap.}$	0 mm <sup>1</sup>	3,000 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>
Beugel	$\varnothing_{bg}$	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>
(Maximale) beugelafstand h.o.h.	h.o.h.	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>
Betondekking op wapening c		0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>
<b>SCHACHTDRAAGVERMOGEN</b>					
<b>Beton / Grout<sup>2) 3) 4)</sup></b>					
<b>Schacht (vulling in de buis, conform NEN-EN 1992-1-1+C2, art. 3.1.9. "Omsloten beton")</b>					
Sterkteklasse NEN-EN 206 C		30/37	30/37		
Druksterkte	$f_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>	30 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Part. veiligheidsfactor	$\gamma_c$	1,5	1,5	0,0	0,0
Rekenw. druksterkte	$f_{cd}$	20,00 N/mm <sup>2</sup>	20,00 N/mm <sup>2</sup>	0,00 N/mm <sup>2</sup>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus	$E_{cm}$	32.837 N/mm <sup>2</sup>	32.837 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Oppervlakte	$A_c$	6.263 mm <sup>2</sup>	6.263 mm <sup>2</sup>	0 mm <sup>2</sup>	0 mm <sup>2</sup>
	$R_{cd}$	125 kN	125 kN	0 kN	0 kN
<b>Voet (alleen o.b.v. grout, exclusief stalen buis)</b>					
Druksterkte	$f_{ck}$	12 N/mm <sup>2</sup>	12 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Partiële veiligheidsfactor	$\gamma_c \times k_f$	1,5	1,5	1,5	1,5
Factor in-situ gestorte palen $k_f$		1,1	1,1	0,0	0,0
Rekenw. druksterkte	$f_{cd}$	7,27 N/mm <sup>2</sup>	7,27 N/mm <sup>2</sup>	0,00 N/mm <sup>2</sup>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus	$E_{cm}$	32.837 N/mm <sup>2</sup>	32.837 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Oppervlakte	$A_c$	96.211 mm <sup>2</sup>	96.211 mm <sup>2</sup>	0 mm <sup>2</sup>	0 mm <sup>2</sup>
	$R_{cd}$	700 kN	700 kN	0 kN	0 kN
<b>Stalen buis (Constructiestaal t ≤ 40 mm volgens NEN-EN 10025-2)</b>					
Kwaliteit	S	S355	S355		
Representatieve waarde	$f_y$	355 N/mm <sup>2</sup>	355 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Materiaalfactor	$\gamma_c$	1,0	1,0	0,0	0,0
Rekenwaarde	$f_{y,rd}$	355 N/mm <sup>2</sup>	355 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus	$E_y$	210.000 N/mm <sup>2</sup>	210.000 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>	0 N/mm <sup>2</sup>
Oppervlakte	$A_y$	3.783 mm <sup>2</sup>	3.783 mm <sup>2</sup>	0 mm <sup>2</sup>	0 mm <sup>2</sup>
	$R_{d,buis}$	1.343 kN	1.343 kN	0 kN	0 kN
<b>Rekenwaarde paal</b>	$R_{d,paal,min}$	1.468 kN	1.468 kN	0 kN	0 kN
<b>Elastische verkorting</b>					
Elastische verkorting	$\Delta L$	7 mm <sup>1</sup>	7 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>	0 mm <sup>1</sup>

1) Paalpuntniveau conform geotechnisch advies, aantallen en paallengte te controleren door aannemer en constructeur  
 2) W.C.F. ≤ 0,55, conform art. 6.4.3 van NEN-EN14199  
 3) Min. groutdekking (NEN-EN 149199, art. 7.6.3), 20 mm op de buis, op de wapening  $c_{nom} = 25$  mm (controle o.b.v. steekproef);  
 4) Over de laatste 8x  $\varnothing_{voet}$  niet ↑↓ en onder verhoogde druk afpersen en de paal vastdraaien  
 5) Ponsplaat, oplegging en lassen i.v.m. corrosiebescherming omstorten met beton min. C20/25, dekking ≥ 75 mm

# Bruil MIX DROGE MORTEL

## Productinformatieblad

### Groutmortel GPM350

Bruil Mix Groutmortel GPM350 is een fabrieksmatig vervaardigde droge mortel.

#### Toepassing

Wordt veelal toegepast voor het vullen van groutankers en boorpalen

#### Groutmortel

Voldoet aan de in overleg met de afnemer gespecificeerde samenstelling

#### Bruil Mix Groutmortel GPM350

#### Eigenschappen specie en mortel

Waterbehoefte	35-40%
Volumieke massa specie	1900 kg/m <sup>3</sup> (NEN5959)
Verwerkingstijd	120 min
Uitlevering per ton	
Bij 35% water (wcf 0.44)	+/- 700 liter groutmortelspecie
Bij 40% water (wcf 0.50)	+/- 750 liter groutmortelspecie
Druksterkte	24 uur 2 N/mm <sup>2</sup> (NEN-EN1015-11)
Druksterkte	7 dgn 34 N/mm <sup>2</sup> (NEN-EN1015-11)
Druksterkte	28 dgn 45 N/mm <sup>2</sup> (NEN-EN1015-11)
Verhouding cement / kalksteenmeel	80/20
Korrel	< 0,200

#### Samenstelling

Bindmiddel	<b>NEN-EN 998-2</b> CEM III 42,5 LH HS (NEN-EN 197)
Vulstof	kalksteenmeel (NEN-EN 12620)
Hulpstoffen	superplastificeerder

#### Leveringsmogelijkheden

Silo, bigbag en zakken (25kg)

#### Verwerken

- De specie dient binnen twee uur na aanmaak verwerkt te worden bij een temperatuur boven de 4°C en onder de 30°C

Voor deskundig morteladvies kunt u contact opnemen met de afdeling Technisch advies van Bruil beton & mix.

## Productomschrijving

Bruil Groutmortel GPM 350 is een fabrieksmatig vervaardigde cementgebonden droge mortel, geleverd op samenstelling.

## Toepassing

Bruil Groutmortel GPM 350 is geschikt voor het vullen van groutankers en funderingspalen.

## Producteigenschappen

Bindmiddel	: Cement	(NEN-EN 197-1)
Vulstof	: Kalksteenmeel	(NEN-EN 13139)
Toevoegingen	: Hulpstoffen	(NEN-EN 934-3)
Maximale korrel	: < 200 $\mu\text{m}$	
Waterbehoefte	: bij 44% water (wcf 0,55)	1830 $\pm$ 15 $\text{kg/m}^3$
	: bij 48% water (wcf 0,60)	1790 $\pm$ 15 $\text{kg/m}^3$
	: bij 52% water (wcf 0,65)	1760 $\pm$ 15 $\text{kg/m}^3$
Volumieke massa	: 2 uur	
Buig-treksterkte	: $\geq 5,0 \text{ N/mm}^2$	
Druksterkte	: $\geq 35 \text{ N/mm}^2$	

## Gebruiksaanwijzing

Zakgoed:

Doseer ca. 12 liter schoon leidingwater per zak van 25kg in een schone kuip of speciemolen. Voeg hier de benodigde hoeveelheid Bruil Groutmortel GPM 350 aan toe. Meng machinaal tot een homogene plastische groutspecie ontstaat.

Silo:

Maak gebruik van schoon leidingwater en stel de waterbehoefte op de doorstrooimenger zodanig in tot de gewenste verwerkbaarheid (volumieke massa 1760 - 1830  $\text{kg/m}^3$ ) is verkregen. Verwerk de groutspecie binnen 2 uur bij een omgevingstemperatuur van 5 tot 30 °C. Machines en gereedschap direct na gebruik reinigen met water.

## Nabehandeling

Bescherm de aangebrachte groutspecie indien nodig tegen ongunstige weersinvloeden (regen, tocht vorst en zon) en in het bijzonder bevriezing.

## Verbruik

Het verbruik is sterk afhankelijk van de toepassing van het product.

Eén zak Bruil Lichtgewicht betonmortel LB 2804 van 18 kg levert ca. 12 liter betonspecie op.

## Ecologie/ toxicologie

Het verbruik is sterk afhankelijk van de toepassing van het product.

Eén zak Bruil Groutmortel GPM 350 mortel van 25 kg levert ca. 20 liter groutspecie op.

De uitlevering in bulk per ton is afhankelijk van de waterdosering:

- Bij 44% water (wcf 0.55) +/- 785 liter groutspecie per ton
- Bij 48% water (wcf 0.60) +/- 825 liter groutspecie per ton
- Bij 52% water (wcf 0.65) +/- 865 liter groutspecie per ton

## Veiligheidsvoorschriften

Van alle Bruil beton & mix producten is een separaat veiligheidsinformatieblad beschikbaar. Neem deze informatie altijd van tevoren door. Niet in combinatie met andere middelen gebruiken tenzij nadrukkelijk vermeld in deze documentatie.

## Leveringsvorm

Bruil Groutmortel GPM 350 wordt geleverd in de volgende verpakkingseenheden:

Verpakking	Gewicht	Equipment
Zakgoed	25 kg	Nvt
Big bag	1000 kg	Nvt
Silo	Ca. 22.000 kg	D100b, SMP, D150 (nat) Schuine worm (droog)

## Opslag en houdbaarheid

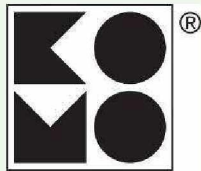
Bruil Groutmortel GPM 350 droog en vorstvrij opslaan. In ongeopende verpakking minimaal 1 jaar na productiedatum houdbaar (zie zijkant verpakking of afleverbon).

## Overige informatie

De informatie berust op onze huidige kennis en ervaring en is van toepassing op het product zoals door ons geleverd. Bruil beton & mix verstrekt deze informatie zonder waarborg en aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor schade welke zou kunnen ontstaan uit het gebruik van deze informatie. Dit product is speciaal bedoeld voor de professionele verwerker.

## Keurmerken

Bruil Groutmortel GPM 350 wordt geleverd onder het KOMO certificaat conform BRL 1904 en is gecertificeerd conform Besluit Bodem Kwaliteit.



734

734-jj-BBK

vormgegeven

bouwstof

## Vragen en advies

Voor vragen of deskundig advies met betrekking tot de verwerking van Bruil Groutmortel GPM 350 kunt u contact opnemen met onze technisch adviseurs. Voor overige informatie verwijzen wij u graag naar onze website.

Bruil beton & mix

Galvanistraat 8

Postbus 19

NL-6710 BA Ede

[www.bruil.nl](http://www.bruil.nl)