



FUNDERINGSADVIES NIEUWBOUW WONINGEN

Kulturweide/Kloosterpad in Babberich



TITELBLAD

Opdrachtgever: Qbuz
Lochemseweg 33
7244 RR BARCHEM

Rapportnummer: 209038-11/R01

Status rapport: Definitief

Datum: 14 november 2018

Projectomschrijving: Funderingsadvies nieuwbouw woningen aan de
Kulturweide/Kloosterpad in Babberich

Rapport opgesteld door: Ortageo Noordoost B.V.
Einsteinstraat 12a
7601 PR Almelo
Tel: +31 546 53 20 74
E-mail: info@ortageo.nl



INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
2	Grondonderzoek en bodemopbouw.....	2
3	Funderingsadvies	4
3.1	Funderingskeuze.....	4
3.2	Berekeningsresultaten fundering op palen	4
3.3	Uitgangspunten	5
3.4	Paalpuntniveaus en netto paal draagkracht	5
3.5	Paalkopzakking en veerstijfheid van de drukpalen.....	9
4	Uitvoering	11

Bijlagen:

- 1) Voorbeeld van een uitgewerkte berekening van de funderingsdraagkracht conform NEN 9997-1:2016
- 2) Uitvoering mortelschroefpalen

	Naam	Paraaf	Datum
Auteur rapport	de heer ing. W.M. Yu		14-11-2018
Kwaliteitscontrole	de heer drs. P.F.J. Kuipers		14-11-2018

1 INLEIDING

Ten behoeve van de nieuw te bouwen woningen aan de Kulturweide/Kloosterpad in Babberich heeft Qbuz te Barchem aan Ortageo Noordoost B.V. opdracht verleend voor het opstellen van een funderingsadvies.

Door ons bureau is een geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd dat de basis is voor onderhavig funderingsadvies. De resultaten van het grondonderzoek zijn beschreven in een rapport met rapportnummer 209038-10/R01, d.d. 23 oktober 2018.

De nieuwbouw betreft de volgende types woningen:

- vijf stuks twee onder één kap woningen met drie bouwlagen en afmetingen van circa 11,9 m x 11,1 m.
- vrijstaande woning met drie bouwlagen en afmetingen van circa 11,4 m x 6,5 m.
- aanéengeschakelde woningblok (3 wooneenheden) met drie bouwlagen en afmetingen van circa 16,7 m x 10,5 m.

De bovengenoemde afmetingen zijn exclusief bergingen die naast de wooneenheden zijn gepland. Voor nadere gegevens omtrent het ontwerp van de woning wordt verwezen naar de ontwerptekeningen van de opdrachtgever.

2 GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW

Het geotechnisch grondonderzoek voor dit project is uitgevoerd op 22 oktober 2018 en heeft bestaan uit vijftien sonderingen (CPT1 t/m CPT15) tot een diepte van circa 13 m -mv. Naast de conusweerstand is de plaatselijke wrijvingsweerstand gemeten. Daarnaast zijn drie handboringen (HB3, HB7 en HB13) tot circa 3 m -mv uitgevoerd ter verkenning van de toplagen en de bepaling van de actuele grondwaterstand.

Hieronder zijn de resultaten van de onderzoeken samengevat weergegeven. Zie voor een meer uitgebreide beschrijving de rapportage met 209038-10 d.d. 23 oktober 2018.

Tabel 1: Globaal bodemprofiel

Diepte [m t.o.v. NAP]	Bodembeschrijving
+12,0 à +11,9	maaiveld
+12,0 à +11,9 tot +11,2 à +10,7	Zand, matig fijn, zwak tot matig siltig, zwak humeus, plaatselijk brokken klei (matig vast tot vast gepakt).
+11,2 à +10,7 tot +10,0 à +9,7	Klei/veen
+10,0 à +9,7 tot +1,8 à -0,3	Zand (matig vast tot vast gepakt)
+1,8 à -0,3	maximaal verkende diepte

De grondwaterstand is in het boorgat aangetroffen op circa 2,2 à 2,3 m -mv, wat overeenkomt met circa 9,8 à 9,6 m +NAP. Er wordt op gewezen dat deze waarneming een momentopname is en dat de grondwaterstand onder andere afhankelijk is van lokale omstandigheden en van het jaargetijde. In het algemeen is de grondwaterstand in februari / maart het hoogst en in augustus / september het laagst.

De onderzoekspunten zijn aan de hand van een door de opdrachtgever verstrekte situatietekening uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. Voor meer informatie over de hoogteligging van het maaiveld op de projectlocatie wordt verwezen naar tabel 2.

Tabel 2: Coördinaten en NAP-hoogte

Sondering	X-coördinaat	Y-coördinaat	Maaiveldhoogte (t.o.v. NAP)
CPT1	205275,189	435657,199	11,949
CPT2	205266,491	435660,959	12,020
CPT3	205275,004	435671,949	11,994
CPT4	205263,452	435680,413	11,994
CPT5	205273,987	435690,197	11,977
CPT6	205265,139	435700,887	11,977
CPT7	205277,375	435707,731	11,933
CPT8	205272,536	435721,660	12,019
CPT9	205308,576	435702,625	12,084
CPT10	205319,342	435687,615	12,001
CPT11	205308,733	435679,419	11,923
CPT12	205319,288	435673,532	11,970
CPT13	205309,429	435664,764	11,983
CPT14	205319,535	435656,160	11,953
CPT15	205311,037	435653,183	11,990
Boring			
HB3	205275,030	435672,144	11,987
HB7	205277,209	435707,584	11,920
HB15	205309,789	435664,020	11,993

Tabel 2: Coördinaten en NAP-hoogte

Sondering	X-coördinaat	Y-coördinaat	Maaiveldhoogte (t.o.v. NAP)
Extra ingemeten punten			
Hart van de weg	205251,948	435683,790	11,776
Rioolputdeksel	205252,610	435699,842	11,779
Vloerpeil	205263,431	435756,685	12,444

Voor de locaties van de ingemeten onderzoekspunten wordt verwezen naar de situatietekening in bijlage 1 van het onderzoeksrapport met rapportnummer 209038-10 d.d. 23 oktober 2018.

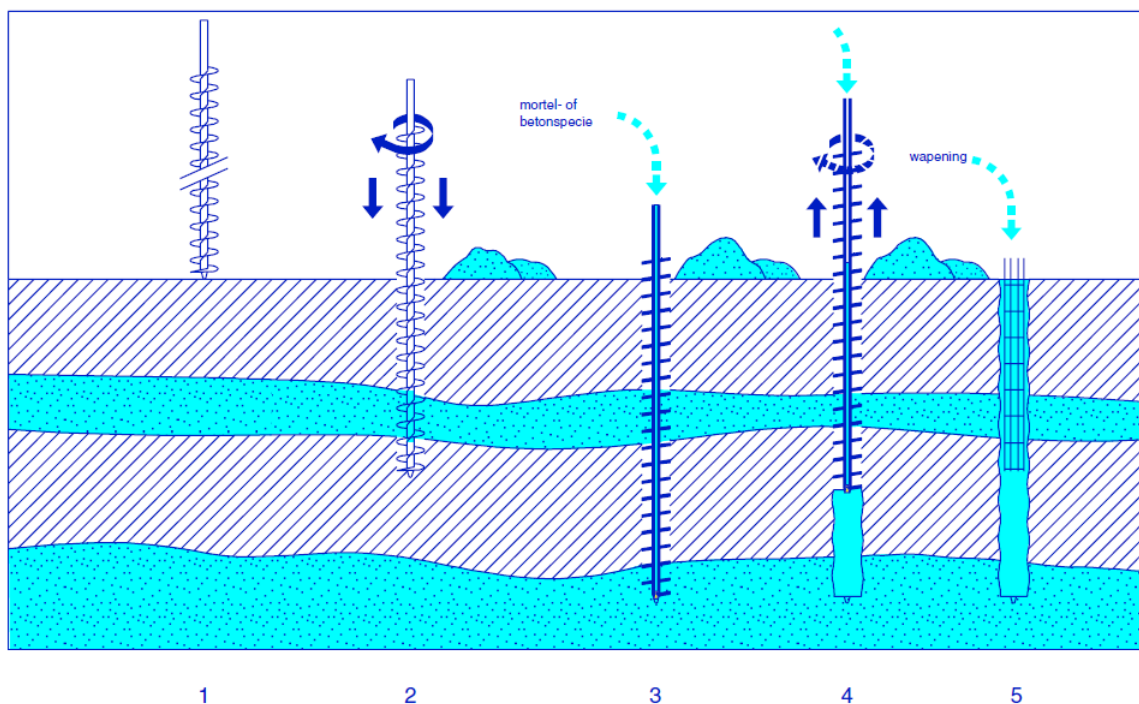
3 FUNDERINGSADVIES

3.1 Funderingskeuze

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid en de aard van de geplande nieuwbouw wordt geadviseerd de woningen op palen te funderen.

In overleg met de opdrachtgever is besloten mortelschroefpalen, type avegaar nader uit te werken.

De avegaarpaal, ook wel mortelschroefpaal of boorpaal genoemd, is een in de grond gevormde grondverwijderende betonpaal die op hoogte wordt afgewerkt en uitgevoerd wordt met een kopwapening. Deze paal wordt trillingsvrij in de grond geïnstalleerd. In figuur 1 is de uitvoeringswijze van de avegaarpaal grafisch weergegeven.



Figuur 1: uitvoeringswijze avegaarpaal

Omschrijving:

1. Een avegaar, bestaande uit een holle as met daar omheen een doorgaand schroefblad, wordt op het maaiveld geplaatst. Hierbij wordt de onderzijde voorzien van een losse afdichting (deksel).
2. De avegaar wordt rechtersom draaiend op diepte geschroefd.
3. De holle buis van de avegaar wordt volgepompt met mortel- of betonspecie.
4. Ten behoeve van het lossen van de deksel wordt de avegaar circa 0,1 m gelicht, waarna de avegaar stilstaand of langzaam rechtersom roterend uit de grond wordt getrokken en de paalschacht wordt gevormd. In bepaalde gevallen is de uitmonding van de holle buis aan de zijkant van de avegaar. Gedurende dit proces moet het gehele systeem onder een continue speciedruk worden gehouden.
5. Direct na het vervaardigen van de paalschacht wordt de wapening in de verse specie aangebracht. De paal wordt afgewerkt en de stelling kan verplaatst worden.

3.2 Berekeningsresultaten fundering op palen

Het funderingsadvies voor dit project is opgesteld conform de normen geotechniek NEN 9997-1:2016 (Eurocode 7 deel 1). In het ontwerpstadium zijn in het algemeen geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot

het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwtijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de toetsing van grenstoestand 1B op sterkte.

3.3 Uitgangspunten

Voor de berekening van de rekenwaarde van de maximale draagkracht en de toetsing van grenstoestand 1B volgens Eurocode 7 deel 1 (NEN 9997-1:2016) zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De draagkracht van verticaal centrisch op druk belaste funderingspalen is bepaald. Momenten, horizontale belastingen en trekbelastingen zijn niet beschouwd.
- Het project/bouwwerk is ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).
- De maximale draagkracht van de drukpalen is berekend conform NEN 9997-1:2016 hoofdstuk 7 "Paalfunderingen".
- De factor $\xi_{3:N}$ wordt bepaald volgens tabel A10a (NEN 9997-1:2016/bijlage A) waarbij N het aantal sonderingen betreft voor het beschouwde funderingselement voor een niet stijf bouwwerk. Voor deze situatie is voor $\xi_3 = 1,27$ aangehouden.
- De partiële materiaalfactor γ_t (bepaald uit sonderingen) is volgens tabel A8 (NEN 9997-1:2016/bijlage A) vastgesteld op 1,20.
- In verband met de aanwezigheid van samendrukbare lagen langs de paalschacht is negatieve kleef in de berekening meegenomen. Voor de partiële belastingsfactor $\gamma_{f,nk}$ kan de waarde 1,0 worden aangehouden (zie NEN 9997-1:2016 art. 7.3.2.2 (a)). De negatieve kleef is genomen vanaf het maaiveld tot een diepte van 9,5 m +NAP.
- De volgende materiaal-, paal- en draagkrachtfactoren conform NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2.3 (tabellen 7c, 7d en figuur 7i) zijn gehanteerd:
 - o $\alpha_p = 0,56$;
 - o $s = 1,0$;
 - o $\beta = 1,0$;
 - o $\alpha_s = 0,006$.
- Er is geen kelder in het ontwerp opgenomen.
- Het bouwpeil (bovenkant vloer begane grond) is aangehouden op 12,3 m +NAP.
- Het terrein zal niet significant worden opgehoogd of ontgraven.
- Zowel de draagconstructie als de vloeren zullen op palen worden gefundeerd.
- Het grondonderzoek heeft geen informatie betreffende de hoogste, te verwachten grondwaterstand opgeleverd. Dit funderingsadvies is gebaseerd op een aangehouden hoogste grondwaterstand van 10,8 m +NAP (1,0 m hoger dan de gemeten grondwaterstand).
- De rekenwaarde voor de paalbelasting op druk vanuit de constructie ($F_{s;d}$) voor de grenstoestanden 1A en 1B bedraagt maximaal 370 kN.
- Milieukundige aspecten, met name de consequenties van eventueel te verplaatsen of af te voeren grond zijn buiten beschouwing gelaten in dit rapport.

Geadviseerd wordt om de voornoemde uitgangspunten te controleren, alvorens de adviesresultaten in het ontwerp toe te passen.

3.4 Paalpuntniveaus en netto paal draagkracht

De bepaling van de maximale waarde van de draagkracht van de paalfundering is gebaseerd op de draagkrachtbepaling conform de normen geotechniek NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2. De toetsing volgens grenstoestand 1B houdt in dat voldaan moet worden aan; $F_{c;d} + F_{nk;d} \leq R_{c;d}$. Hiermee is tevens voldaan aan grenstoestand 1A.

Hierin is:

$F_{s;d}$ = rekenwaarde van de paalbelasting

$F_{nk;d}$ = rekenwaarde van de negatieve kleef op de paal

$R_{c;d}$ = rekenwaarde van de paal draagkracht

Voor het funderingsadvies is voor diverse schachtafmetingen op gekozen paalpuntniveaus de rekenwaarde van de draagkracht van de palen bepaald. Per sondering is voor grenstoestand 1A en 1B het netto paal draagvermogen berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3. In bijlage 1 is een voorbeeldberekening weergegeven.

Tabel 3: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{c,netto,d} in [kN] Avegaarpalen		
			Ø 300 [mm]	Ø 350 [mm]	Ø 400 [mm]
CPT1	11,95	7,00	229	297	371
		6,50	240	309	385
		6,00	299	383	478
		5,50	320	408	507
		5,00	363	459	524
		4,50	353	436	530
		4,00	361	450	545
		3,50	366	452	546
CPT2	12,02	7,00	162	206	253
		6,50	211	275	354
		6,00	301	390	491
		5,50	316	413	534
		5,00	384	461	550
		4,50	360	449	551
		4,00	344	427	518
		3,50	346	428	521
CPT3	11,99	7,00	166	212	261
		6,50	224	294	376
		6,00	295	361	444
		5,50	296	376	468
		5,00	298	375	461
		4,50	309	390	484
		4,00	339	424	518
		3,50	387	486	596
CPT4	11,99	7,00	192	249	311
		6,50	214	282	366
		6,00	274	355	445
		5,50	330	422	508
		5,00	334	427	530
		4,50	346	441	544
		4,00	386	498	632
		3,50	493	601	700
CPT5	11,98	7,00	217	276	343
		6,50	230	295	367
		6,00	240	305	376
		5,50	298	366	446
		5,00	295	368	452
		4,50	295	367	447
		4,00	305	379	458
		3,50	448	532	651
CPT6	11,98	7,00	210	267	332
		6,50	221	284	353

Tabel 3: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{c,netto;d} in [kN] Avegaarpalen		
			Ø 300 [mm]	Ø 350 [mm]	Ø 400 [mm]
		6,00	239	305	380
		5,50	277	349	432
		5,00	292	370	458
		4,50	303	382	468
		4,00	360	468	594
		3,50	393	496	609
CPT7	11,93	7,00	252	328	377
		6,50	250	317	387
		6,00	246	312	385
		5,50	256	323	394
		5,00	268	336	413
		4,50	341	422	503
		4,00	342	425	519
		3,50	345	430	522
CPT8	12,02	7,00	269	349	436
		6,50	278	363	467
		6,00	361	463	531
		5,50	351	446	543
		5,00	357	447	549
		4,50	372	465	543
		4,00	374	463	561
		3,50	393	486	588
CPT9	12,08	7,00	176	228	284
		6,50	204	265	333
		6,00	229	305	377
		5,50	249	317	394
		5,00	258	326	402
		4,50	265	333	408
		4,00	291	365	445
		3,50	297	369	449
CPT10	12,00	7,00	338	410	483
		6,50	293	383	476
		6,00	298	383	471
		5,50	314	402	496
		5,00	332	422	520
		4,50	350	441	540
		4,00	411	521	640
		3,50	498	593	714
CPT11	11,92	7,00	257	314	383
		6,50	233	299	371
		6,00	245	312	385
		5,50	256	324	398

Tabel 3: Paalpuntniveaus en rekenwaarde netto paal draagkracht

Sondering nr.	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	R _{c,netto;d} in [kN] Avegaarpalen		
			Ø 300 [mm]	Ø 350 [mm]	Ø 400 [mm]
		5,00	320	410	515
		4,50	375	478	592
		4,00	357	447	546
		3,50	415	525	644
CPT12	11,97	7,00	423	497	574
		6,50	326	385	462
		6,00	282	356	438
		5,50	276	344	417
		5,00	323	416	528
		4,50	393	492	604
		4,00	398	498	608
		3,50	416	518	629
CPT13	11,98	7,00	456	556	700
		6,50	441	491	570
		6,00	350	427	484
		5,50	305	372	454
		5,00	299	370	446
		4,50	300	367	438
		4,00	459	582	724
		3,50	498	628	755
CPT14	11,95	7,00	326	420	527
		6,50	328	419	521
		6,00	332	426	531
		5,50	365	464	573
		5,00	380	486	607
		4,50	449	563	687
		4,00	456	563	685
		3,50	468	584	709
CPT15	11,99	7,00	367	466	591
		6,50	365	476	601
		6,00	358	461	576
		5,50	449	581	736
		5,00	556	699	863
		4,50	528	611	744
		4,00	482	608	746
		3,50	502	629	765

Opmerking

R_{c,netto;d} = Rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal, rekening houdend met negatieve kleef (R_{c;d} - F_{nk;d}).

Indien de palen een flexibele c.q. niet stijve constructie ondersteunen, moet conform NEN 9997-1:2016, ervan worden uitgegaan dat de weerstand op druk van de minst draagkrachtige paal maatgevend is voor het ontstaan van een uiterste grenstoestand. Het draagvermogen van een paal dient derhalve te zijn afgestemd op de laagste draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau van de omliggende sonderingen.

De in tabel 3 gepresenteerde waarden voor de paal draagkracht zijn grondmechanische waarden. Door de constructeur dient te worden gecontroleerd of de bijbehorende paalschachtspanningen toelaatbaar zijn. Hierbij kan de bijdrage van de rekenwaarde van de negatieve kleeft ($F_{nk;d}$) in tabel 4 worden gehanteerd.

Tabel 4: Rekenwaarde negatieve kleeft voor een alleenstaande paal

Sondering nr.	Negatieve kleeft $F_{nk;d}$ [kN/m paalomtrek]
CPT1	10
CPT2	9
CPT3	12
CPT4	13
CPT5	12
CPT6	15
CPT7	15
CPT8	13
CPT9	15
CPT10	15
CPT11	12
CPT12	13
CPT13	13
CPT14	12
CPT15	13

3.5 Paalkopzakking en veerstijfheid van de drukpalen

Voor de uiterste grenstoestand type 1B en bruikbaarheidsgrenstoestand zijn in de norm (NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9) eisen gesteld aan de maximaal toegestane vervormingen. In de regel zal de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

Voor een alleenstaande paal is ter indicatie in bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) de te verwachten paalkopzakking berekend volgens NEN 9997-1:2016 art. 7.6.4.2. De resultaten hiervan zijn weergegeven in onderstaande tabel. In de berekening is uitgegaan van een elasticiteitsmodulus van het toe te passen beton van 20.000 N/mm².

Tabel 5: Paalkopzakkingen en statische veerstijfheid palen (BGT)

Maatgevende sondering	Paalafmeting [mm]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	Gebruiksbelasting inclusief negatieve kleeft $F_{s;rep}$ in [kN]	Paalkopzakking s [mm]	Veerstijfheid $k_{v;d}$ [kN/m ¹]
CPT14	Ø 350	7,00	316	12	26.500
CPT5	Ø 350	5,50	315	14	22.500
CPT13	Ø 350	5,00	316	11	28.750
CPT5	Ø 350	4,50	315	12	26.500
CPT9	Ø 350	6,50	218	13	17.000
		3,50	318	12	26.500

N.B. conform NEN 9997-1:2016 art. 7.6.4.2 (k) is sprake van een vrijstaande paal wanneer de hart op hart afstand meer dan tienmaal de paalvoetafmeting bedraagt; indien de palen dicht bij elkaar staan, dient de paalkopzakking vermeerderd te worden met de zakking s_2 welke de samendrukking van de bodemlagen onder de paalvoet in rekening brengt; de veerstijfheden worden navenant kleiner. Bij een min of meer uniforme zakking s_2 ten gevolge van de samendrukking van de grond onder het niveau van de paalpunten van een groep of groepen palen, zal deze over het algemeen niet of nauwelijks van belang zijn bij de toetsing van de grenstoelanden.



Naar aanleiding van NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9 wordt gesteld dat de uiterste grenstoestand type 1B en de bruikbaarheidsgrenstoestand type 2 feitelijk niet door de geotechnisch ontwerper getoetst kunnen worden. Dit wordt daarom aan de constructeur over gelaten.

Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie (β) tussen twee afzonderlijke fundamente van een bouwwerk van maximaal 1:100 aangehouden. Voor bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) geldt in het algemeen voor woonfuncties en woongebouwen een maximale toelaatbare scheefstand en/of relatieve rotatie van 1:300.



4 UITVOERING

De mortelschroefpalen dienen van een (kop-)wapening te worden voorzien. Deze heeft o.a. tot doel om de palen constructief met de hoofdconstructie te verbinden. Ook geeft zij enige bescherming tegen de gevolgen van paalbreuk, welke bijvoorbeeld door langsrijdende bouwmachines kan ontstaan. Het is aan de constructeur om deze wapening te dimensioneren.

De kwaliteit van de geïnstalleerde paalschacht dient door middel van akoestische metingen te worden gecontroleerd. Voor informatie en aanbevelingen met betrekking tot de wijze van uitvoering wordt verwezen naar bijlage 2 "Uitvoering mortelschroefpalen".

Er wordt op gewezen dat de grondwaterstand bij de uitvoering van het grondwerk ten minste 0,5 m beneden het diepste ontgravingsniveau dient te staan, c.q. verlaagd dient te worden. Gezien de waargenomen grondwaterstand wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat een bemaling niet nodig zal zijn. Aanbevolen wordt om voor aanvang van het grondwerk de actuele grondwaterstand te controleren.



BIJLAGE 1

Voorbeeld van een uitgewerkte berekening van de funderingsdraagkracht conform NEN 9997-1:2016

Voorbeeldberekening rekenwaarde draagkracht volgens NEN 9997-1:2016

Als voorbeeld is de berekening van de rekenwaarde van de netto draagkracht volgens NEN 9997-1:2016 bij sondering CPT1 nader uitgewerkt.

Paaltype: Avegaarpaal
 Paalpuntniveau: 7,00 m +NAP
 Schachtafmeting: Ø 300 mm
 Puntafmeting: Ø 300 mm

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3(e) bedraagt:

$$q_{b,max} = \frac{1}{2} \times \alpha_p \times \beta \times s \times ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem}) / 2 + q_{c,III,gem})$$

$$= 3,242 \text{ MPa}$$

waarin:		in dit geval:
$q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	10.267 MPa
$q_{c,II,gem}$	= de waarde van de minimale conusweerstand over traject II	8.892 MPa
$q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de minimale conusweerstand over traject III	2.000 MPa
α_p	= paalklassefactor	0,56
β	= factor voor de paalvoetvorm	1,0
s	= factor voor de vorm voor de dwarsdoorsnede van de paalvoet	1,0

De maximale draagkracht van de paalpunt bedraagt:

$$R_{b,cal} = A_{punt} \times q_{b,max} \times 1000$$

$$= 229 \text{ kN}$$

waarin:		
A_{punt}	= oppervlakte van de paalpunt	0,0707 m ²

Maximale schachtwrijvingskracht

De maximale schachtwrijving bepaald volgens art. 7.6.2.3(i) bedraagt:

$$q_{s,max} = \alpha_s \times q_{c,z;a}$$

$$= 0,0519 \text{ MPa}$$

waarin:		
α_s	= factor voor de invloed van de uitvoering en het paaltype	0,006
$q_{c,z;a}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend	8,65 MPa

De maximale schachtwrijvingskracht bedraagt:

$$R_{s,cal} = O_p \times l \times q_{s,max} \times 1000$$

$$= 137 \text{ kN}$$

waarin:		
O_p	= de omtrek van de paalschacht	0,9425 m
l	= lengte van het stuk van de paal waarover schachtwrijving is aangenomen	2,80 m

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal bedraagt:

$$\begin{aligned} R_{c;cal;max} &= R_{b;cal} + R_{s;cal} \\ &= 366 \text{ kN} \end{aligned}$$

De representatieve waarde van de maximale draagkracht van de paal bedraagt:

$$\begin{aligned} R_{c;k} &= R_{c;cal;max} / \xi_3 \\ &= 288 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin:

$$\xi_3 = \text{factor volgens tabel A10a (NEN 9997-1:2016/bijlage A)} \quad 1,27$$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan worden aangehouden:

$$\begin{aligned} R_{c;d} &= R_{c;k} / \gamma_t \\ &= 240 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin:

$$\gamma_t = \text{partiële materiaalfactor volgens tabel A8 (NEN 9997-1:2016/bijlage A)} \quad 1,20$$

Voor uiterste grenstoestand 1A geldt volgens NEN 9997-1:2016 art. 7.6.2:

$$F_{c;d} < R_{c;d}$$

Voor uiterste grenstoestand 1B kan het zakkingscriterium dat in art. 7.6.2 is gegeven, worden vervangen door:

$$F_{c;d} + F_{nk;d} < R_{c;d}$$

waarin:

$$\begin{aligned} F_{c;d} &= \text{rekenwaarde van de belasting} \\ F_{nk;d} &= \text{rekenwaarde van de negatieve kleef} & 11 \text{ kN} \\ R_{c;d} &= \text{rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal} & 240 \text{ kN} \end{aligned}$$

Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen en avegapalen met relatief kleine diameter, is grenstoestand 1B maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Bovenstaande formule kan worden omgewerkt tot:

$$F_{c;d} < R_{c;netto;d}$$

waarin:

$$\begin{aligned} R_{c;netto;d} &= R_{c;d} - F_{nk;d} \\ &= \text{de rekenwaarde van de netto draagkracht van de paal,} & 229 \text{ kN} \\ &\quad \text{rekening houdend met de negatieve kleefbelasting} \end{aligned}$$

Indien aan bovenstaande voorwaarde wordt voldaan, dan bezwijkt de grond rondom de paal niet. De vervorming van de paalkop zullen hierbij ook beperkt zijn.



BIJLAGE 2

Uitvoering mortelschroefpalen

Enkele algemene aanwijzingen voor het installeren van mortelschroefpalen

Algemeen

Deze algemene aanwijzingen zijn mede gebaseerd op de :

- NEN 9997-1:2016 Eurocode 7-1, Geotechnisch ontwerp, Deel 1:Algemene regels
- NEN-EN-1536:1999 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen
- BRL-2356/01 In de grond gevormde palen

Controle van de uitgangspunten

Bij de aanvang van het funderingswerk dient de relatie tussen de maaiveldhoogte of bouwputbodan, het bouwpeil, de hoogterefereentie (bijv. NAP), zoals in het funderingsadvies gebruikt, en het gewenste paalpuntniveau te worden gecontroleerd.

Tevens dient gecontroleerd te worden of de inboordiepte, de diameter van de avegaarboor en de wapening, met die in het funderingsadvies overeenkomen en aan de bestekseisen voldoen.

Naastliggende gebouwen

Voor zover dit aspect niet specifiek in het funderingsadvies is behandeld, dient nagegaan te worden of de mortelschroefpalen zonder risico's voor de belendingen gemaakt kunnen worden. Hiertoe is informatie omtrent de constructieve opbouw van de belendingen en haar fundering benodigd. Verder is de bouwkundige staat van de belendingen van belang.

Paalafstanden

Wanneer twee palen direct na elkaar worden vervaardigd, moet de onderlinge h.o.h. afstand tenminste viermaal de paaldiameter bedragen. Een kleinere afstand is alleen toegestaan, indien de eerstgemaakte paal voldoende is verhard (normaliter ten minste 4 uur).

Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de mortel in de reeds gemaakte naburige paal gecontroleerd worden. Indien een nazakking of oppersing van de mortel wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde en/of een langere verhardingstijd aangehouden worden.

De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd, moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Uitvoering

- op de avegaar dient een maatverdeling te zijn aangebracht, waarmee de juiste paallengte kan worden bepaald;
- de eerste paal dient bij voorkeur ter plaatse van een uitgevoerde sondering te worden gemaakt;
- het inboren dient met zo min mogelijk opwaarts grondtransport plaats te vinden; door toepassing van een boormotor met een voldoende groot vermogen/draaimoment kan een zo gering mogelijke schraapfactor (aantal omwentelingen van de avegaar benodigd om de avegaar over éénmaal haar spoed in te boren) worden bereikt;
- zodra de avegaar op diepte is en gevuld is met beton onder voldoende overdruk, mag de avegaar maximaal 0,1 m worden gelicht om het deksel te lossen;
- bij het trekken van de avegaar dient deze stil te staan of dezelfde draairichting als bij het inboren te hebben;
- de betondruk dient continu gemeten en geregistreerd te worden; er dient altijd een overdruk t.o.v. de gronddruk aanwezig te zijn; als de betondruk aan de bovenzijde van de avegaar wordt gemeten, is een overdruk van 10-20 kN/m² meestal voldoende;
- geadviseerd wordt om de verwerkte hoeveelheid beton of mortel te vergelijken met de theoretische inhoud van de palen;
- een controle op de aard van de bodemlagen wordt verkregen door de grond in de avegaar te inspecteren. De paalpunt dient in de draagkrachtige zandlaag te staan en het bodemprofiel dient in overeenstemming met het sondeerbeeld te zijn.
- in verband met de kans op beschadiging en breuk van de palen dient horizontale belasting door o.a. het verplaatsen van de boormachine in de bouwput en/of het ontgraven van de bouwput, vermeden te worden; dit geldt vooral bij gedeeltelijk gewapende palen;
- de palen dienen bij voorkeur gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong bestaat tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in de dieper gelegen watervoerende lagen.

Controle

Met behulp van de akoestische methode (hamertje tik) kan de integriteit van mortelschroefpalen worden beoordeeld. De metingen geven o.a. inzicht in discontinuïteiten in de paalschacht (scheuren, insnoeringen, verdikkingen), paalbreuk, paallengte en kwaliteit van de paalkop. De integriteitsmeting geeft geen indicatie van het verkregen draagvermogen van de paal.

De meting kan alleen na voldoende verharding van de mortel worden uitgevoerd (ten minste 5 dagen na het vervaardigen van de paal). Bij voorkeur worden de metingen na het ontgraven van de bouwput en het snellen van de paalkoppen uitgevoerd (daarmee worden de eventuele verstoringen van de paal door die activiteiten in de beoordeling meegenomen).

Verslaglegging

Van de installatie van de mortelschroefpalen dient een verslag (heirapport) gemaakt te worden. Dit verslag dient tenminste de volgende gegevens te bevatten:

- paaltype, paallengte en paaldiameter;
- toegepaste wapening (aantal, diameter en lengte van de staven);
- hoeveelheid verbruikte mortel per paal;
- hoogte bovenkant van de paal t.o.v. NAP/Ref;
- werkniveau t.o.v. NAP/Ref;
- bereikt paalpuntniveau t.o.v. NAP/Ref;
- volgorde waarin de palen zijn gemaakt met data en eventuele maatafwijkingen
- het vermogen van de boormotor;
- schraapfactor (aantal omwentelingen van de avegaar benodigd om over een volle spoed in te boren);
- betondrukstaten + plaats en waar deze worden gemeten (en type meetinstrument);
- eventuele toegepaste hulpmaatregelen of hulpmiddelen bij het maken van de palen (overige) bijzonderheden tijdens de uitvoering van het werk.