

1.1.0 Algemeen		1
	0.1 Inleiding	1
	0.2 Historische ontwikkeling diverse funderingen	2
	0.3 Benamingen en begrippen	10
	0.4 Funderingsgedrag	12
	0.5 Funderingsproblemen	15
	0.6 Mogelijkheden tot behoud en herstel	20
	0.7 Literatuur	27
1.1.1 Inspectie		29
	1.1 Methode en aanwijzingen	29
	1.2 Scheurvorming door oorzaken uit de omgeving	33
	1.3 Scheurvorming door gebreken in het gebouw	34
	1.4 Scheurvorming door gebreken aan de fundering	36
1.1.2 Rapportage		39
	2.1 Algemeen	39
	2.2 Kwaliteitsomschrijving funderingen	40
	2.3 Adviezen voor aanpak van de problemen	41
	2.4 Voorbeeldomschrijvingen	44
1.1.3 Herstel		46
	3.1 Algemeen	46
	3.2 Werkzaamheden	46
	3.3 Nuttige adressen	48

1.1.0 Algemeen

0.1 Inleiding

Een belangrijk maar vaak onzichtbaar deel van een gebouw is de fundering. De fundering dient om het gewicht van het gebouw gelijkmatig op de ondergrond over te brengen, zonder dat ontoelaatbare vervormingen optreden die de stabiliteit van het gebouw in gevaar brengen. De eerste echte funderingen op staal in Nederland werden al gelegd door de Romeinen onder andere voor de Principia van de legioensvesting Hunerberg bij Nijmegen in 70 na Christus. Een laag vette leem diende daar als werkvloer en voorkwam dat de kalkmortel wegtrok.

Afbeelding 1
Een voorbeeld waarin als "verklikker" ernstige vervorming zichtbaar is. Er mankeert iets aan de fundering, maar wat is de oorzaak?



Funderingsproblemen zijn algemeen bekend uit het westen van Nederland. Denk maar aan paalrot en palenpest. Toch duiken ook elders steeds vaker omvangrijke problemen op bij funderingen op staal die, soms met enige zetting, zonder mankeren de tand des tijds weerstonden. Vaak is dit een gevolg van het onvoorziene effect van stelselmatige grondwaterpeilverlaging. Voor onze inspecties zijn funderingen een lastig fenomeen. Er is niets zichtbaar, wat moet je er dan over zeggen? Kun je er eigenlijk wel iets zinnig van zeggen en dit goed verwoorden in het inspectierapport? In deze moduul zal zodoende de nadruk liggen op visuele verschijnselen zoals al of niet verdachte scheurvorming en zetting. Wat zie ik en welke betekenis moet ik er aan hechten?

Om meer inzicht te krijgen, zullen de diverse manieren om te funderen uitvoerig worden behandeld met het krachtenspel dat hierbij een belangrijke rol speelt.

Wat funderingsherstel betreft zullen alleen de belangrijkste en meest

toegepaste technieken de revue passeren. Daarbij zal ook aan de orde komen dat een ingreep niet altijd noodzakelijk is. Voor een aantal zaken die bij funderingen speelt, wordt naar de volgende modules verwezen:

- Voor het herstel van maaiveld en drainage moduul 1.21 Gevels - baksteen. Hetzelfde geldt voor aanvullende informatie over scheurvorming in het opgaande muurwerk en de vochtthuishouding in massieve muren.
- Voor het krachtenspel en spatkrachten die in muren op kunnen treden moduul 3.3 Gewelven en plafonds.
- Voor het droogleggen van muren en kelders, evenals het verdiepen van kelders in combinatie met het herstel van de fundering, wordt verwezen naar moduul 3.4 Kelders

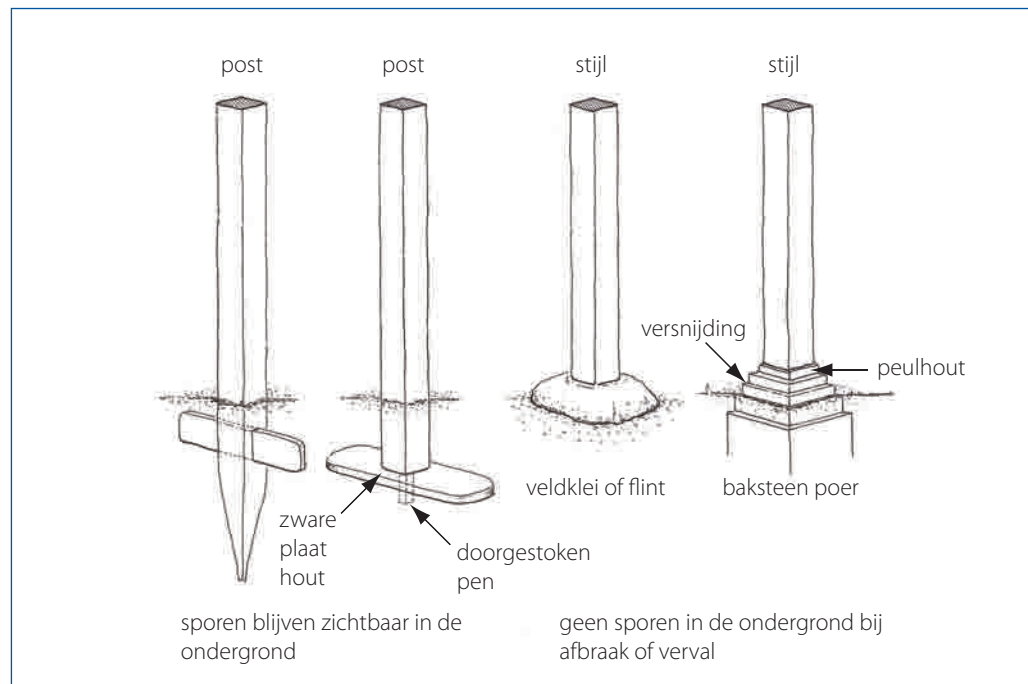
0.2 Historisch ontwikkeling diverse funderingen

Wat is een fundering?

Simpel gesteld is een fundering de aansluiting van het gebouw op een draagkrachtige ondergrond. De Grieken en Romeinen zochten een stevige ondergrond en fundeerden hun gebouwen het liefst op steen, het vroegste type fundering.

Ook in de lage gedeelten van Nederland zocht men naar zandopduikingen, de zogenaamde "donken" en de oeverwallen langs de rivieren op om er te bouwen. De zanderige bodem bood voor eenvoudige lage houten gebouwen voldoende draagkracht. Ook kunnen houtconstructies zettingen beter opvangen dan stenen gebouwen. In de Middeleeuwen werd steeds meer in steen gebouwd op plaatsen die zich daar qua bodemgesteldheid minder voor leenden. Wel pasten de bouwers hun constructies en materialen hierop aan. Kerken in het westen bezitten relatief vaak een houten tongewelf om gewicht te besparen.

Afbeelding 2
De ontwikkeling van de ingegraven posten links voor houtbouw naar een poerenfundering met stijlen geheel rechts.



Noodzaak van een fundering

Oorspronkelijk was een fundering niet noodzakelijk in verband met de bouwwijze in hout. De zware eiken posten of staanders voor de nok bestonden uit boomstammen met bovenaan een gaffel voor het inleggen van een nokbalk. De posten of staanders werden meestal diep ingegraven voor voldoende standzekerheid. Bij een slappere bodem werden de posten of staanders voor de wanden aan de onderzijde voorzien van een plaat hout of een tussenliggende grondregel. Vandaar dat we tot de 12^e en 13^e eeuw de sporen hiervan als paalgaten terugvinden. We noemen dit de zogenaamde "postenbouw", zie afbeelding 2. Door inrotting van de posten of staanders gingen gebouwen maximaal 40 à 50 jaar mee. Om dit te voorkomen werden naderhand grondregels toegepast waarop geschoorde stijlen werden geplaatst. Het gebouw stond hierbij als het ware los op het maaiveld. Het was verplaatsbaar. In sommige delen van ons land werd het dan ook als roerend goed beschouwd en beschreven.

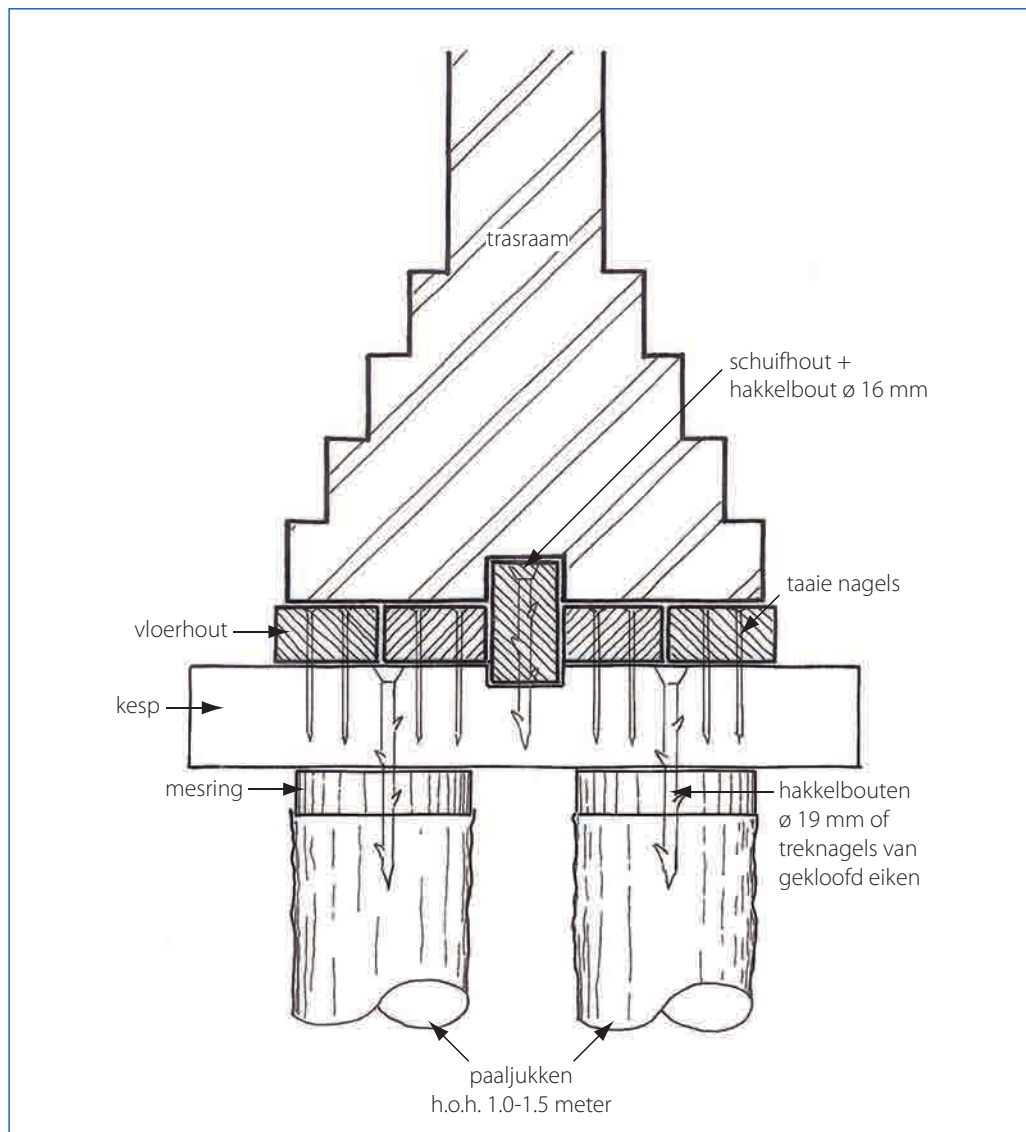
Bij het toepassen van tufsteen en baksteen werden gebouwen aanzienlijk zwaarder en hoger. Zodoende moest meer aandacht besteed worden aan voldoende draagkracht van de bodem, vooral in het westen van ons land. Dit leidde tot allerlei vormen van bodemverbetering en

0.3 Benamingen en begrippen

Hieronder de meest belangrijke benamingen en begrippen die bij funderingen een rol spelen.

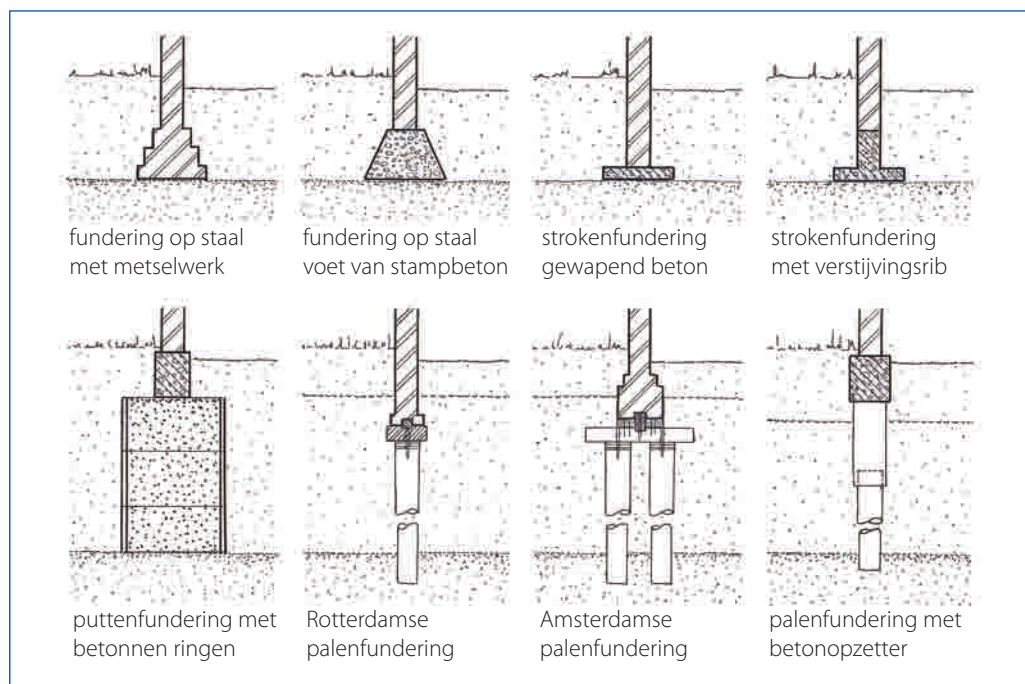
Aardboog	Zie spaarboog
Buispaal	Holle heipaal, meestal van staal, maar ook wel van beton.
Buisschroefpaal	In de grond gevormde, beperkt grond verwijderende avegaarboorpaal.
Buissegmentpaal	Geheide grondverdringende geprefabriceerde betonpaal met mantelbuis, opgebouwd uit segmenten.
Dwarshout	Zie Kesp

Afbeelding 10
Benamingen voor de diverse onderdelen van een Amsterdamse fundering op palen.



Grondboog	Zie Spaarboog
Groutanker	In de grond gevormd cilindrisch lichaam van cementgrout voor standzekerheid van damwanden.
Kalenderen	Metten van de zakking van de paalkop, gemeten over 30 slagen bij een valhoogte van 2.0 meter.
Kesp	Verbindingsbalk over de paalkoppen, in dwarse richting bij een Amsterdamse fundering, in langsricting bij een Rotterdamse fundering.
Kleef	Het omklemmen van de heipaal door de omringende grond. Als de grond aan de paal hangt noemen we negatieve kleef.
Opzetter	Uitgevoerd in beton om te zorgen dat paalkop niet boven laagste grondwaterstand uitkomt.
Plaatfundering	Bij jongere monumenten een fundering die bestaat uit één grote plaat in het werk gestorte beton.
Poer	Blokvormig metselwerk ter ondersteuning van balken of stijlen.
Rooster	Raamwerk van kruislings met elkaar verbonden balken onder de fundering, al dan niet voorzien van fundering op palen.
Schuifhout	Houten balk over de kespen van een palenjuk om zijdelings verschuiven van de funderingsmuur tegen te gaan.

Afbeelding 11
 Overzicht van de diverse soorten fundering met de juiste benamingen. Het is belangrijk om deze benamingen correct te gebruiken in verslagen en inspectierapporten.



overtreft de belasting het draagvermogen. Meestal wordt dit zichtbaar boven het maaiveld door steeds verdergaande scheurvorming. Bijvoorbeeld veen dat een zware stenen fundering niet kan verdragen, op kleef geheide palen die door een te zware belasting een dunne zandlaag steeds verder perforeren. Ook door het in trilling brengen van het gebouw door zwaar verkeer kan het draagvermogen overschreden worden.

0.5 Funderingsproblemen

Wijziging van de grondwaterstand

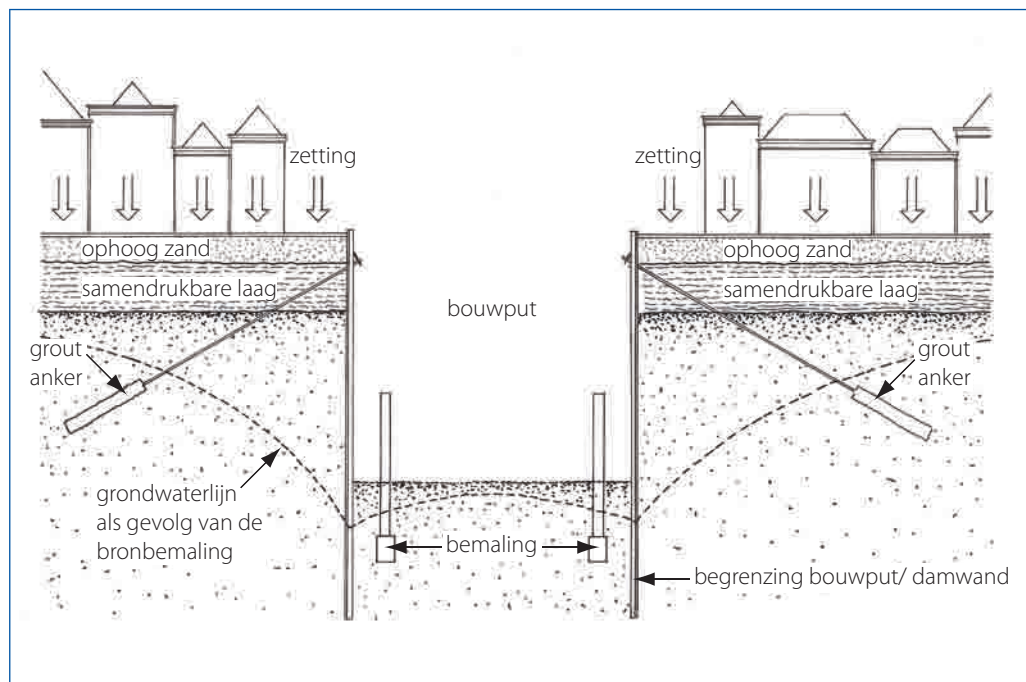
Het grondwaterpeil speelt in veel gevallen een bepalende rol bij problemen met de fundering. Het grondwater bevindt zich, naar omstandigheden, op verschillende diepten die afhangen van de nabijheid van oppervlaktewater, zoals meren, kanalen, sloten, zee.

De grondwaterspiegel wordt bepaald door spanningen. Deze treden op door meer of mindere doorlaatbaarheid van de diverse grondlagen. Ook droge en natte seizoenen, bemalingen enz., zijn bepalend voor de hoogte van de grondwaterstand. Omdat heel veel factoren van invloed zijn, kunnen soms snelle veranderingen optreden. Sommige zijn al vanaf inpolderingen in de 16e eeuw aan de gang. De veenpakketten oxideren steeds verder, waardoor elke keer het polderpeil verlaagd moet worden. Daarmee zakt het grondwaterpeil totdat funderingen "droog" komen te staan. Een voorbeeld is het polderpeil in Waterland bij Amsterdam. In 1874 lag dit op 1.20 meter onder N.A.P. en in 1978 op 1.48 meter onder N.A.P. Dat is 0,28 meter in circa 100 jaar! Vooral in en na zeer droge zomers treden problemen op met het inklinken en zwellen van veen- en kleipakketten.

Wijzigingen in de grondwaterstand leiden bijna altijd tot problemen. Bekend zijn de problemen met het dempen van sloten en waterlopen bij ruilverkavelingen. Maar ook de aanleg van tunnels, autowegen, kanaalverbreding waarbij diepliggende veenpakketten worden weggegraven, kunnen voor ernstige funderingsproblemen zorgen. Een ander fenomeen dat op kan treden is het zogenaamde "peilverloop" naar lagere polders. Bij kasteel De Haar te Haarzuilens bedroeg dit 0,60 meter binnen een eeuw!

Afbeelding 15

Naast het verlagen van het polderpeil, treedt ook vaak desastreuze verlaging van de grondwaterstand op bij bronbemaling. De gevolgen, zie de verhanglijn strekken zich soms in een straal van honderden meters uit.



Berucht is bronbemaling ten behoeve van grote bouwputten in de binnensteden. Afhankelijk van de samenstelling van de bodem en het verhang van het grondwater zijn de gevolgen soms honderden meters verderop merkbaar door scheurvorming. Het is overigens wel zo dat nadat de bronbemaling is gestopt, de zetting zich weer voor een deel herstelt.

De grondwaterstand luistert nauw. Bekend is ook het Vondelpark in Amsterdam. Door een verlaging van de grondwaterstand in 1949-'50 is het park inmiddels een halve meter gezakt. Omdat de verhanglijn van het grondwater wijzigde, kwamen in de omringende straten de funderingen droog te staan en ontstonden er grote problemen door inrotting van paalkoppen en kespen. Voor het behoud van een paalfundering is het namelijk belangrijk dat het houtwerk minstens 0,3 meter onder water blijft staan.

Scheurvorming

Scheurvorming in een gebouw veroorzaakt vaak bij de eigenaar of beheerder lichte paniek. Wat is er aan de hand? Waardoor komt het? Toch is er bijna geen enkel ouder gebouw dat binnen kortere of langere tijd ontkomt aan scheurvorming. Belangrijke vraag is hierbij wat de oorzaak is van de scheurvorming. Komt dit door problemen met de fundering of kan het ook andere oorzaken hebben. Een goede analyse en diagnose van scheurvorming is belangrijk om te bepalen wat er al of niet aan gedaan moet worden. Daarom wordt bij hoofdstuk 1.1 Inspectie hierop uitgebreid ingegaan, zodat in andere modules van Inspectiehandboek hiernaar verwezen kan worden.

Scheefzakken of wegzakken

Omdat men weinig inzicht had in de bodemgesteldheid, zakten vooral torens regelmatig scheef. Vaak was dit het gevolg van veenlenzen die in elkaar geperst werden. Bij de bouw van de Oldehove in Leeuwarden (1529) ging het bijna van het begin mis. Per geleding werd getracht het scheefzakken te corrigeren. Uiteindelijk verrees een geknikte toren, waarvan de bouw halverwege werd gestopt. Andere bekende voorbeelden zijn de kerktorens van Bedum (Gr), Acquoi (Gld) en Schoonhoven (Z-H).

Afbeelding 16

Scheefgezakte en nooit afgebouwde toren van Acquoi Gld, gebouwd op een stroomrug langs de Linge. Door inklinking van de klei door verlaging van het polderpeil zakte de toren verder scheef. Door een restauratie inmiddels gestabiliseerd.



Afbeelding 17

Ernstige scheurvorming in de zijgevel van een boerderij. Oorzaak is niet een funderingsgebrek maar de spatkrachten van een tongewelf van de kelder door aangetaste koppen van de trekbalken boven het tongewelf.

