



# **HANDBOEK BESCHOEIINGEN**

*Draft versie 13 juni 2013*





# Inhoud

Inhoud.....	2
Voorwoord .....	4
Inleiding. ....	5
1 Betrokken partijen: .....	6
2 Nodige informatie. ....	7
2.1 Samenstelling en eigenschappen van de ondergrond. ....	7
2.2 Grondwaterpeil in rust. ....	9
2.3 Bestaande constructies.....	10
2.4 Zettinggevoelige leidingen: .....	12
2.5 Belastingen buiten de bouwput: .....	13
2.6 Impact van archeologische opgravingen .....	13
2.7 Fasering van de werken .....	14
3 Voorbereidende werken. ....	15
3.1 Schoren van naastgelegen gebouwen. ....	15
3.2 Weggraven van grond langsheen bestaande ondiepe funderingen.....	15
4 Grondwaterverlaging.....	17
4.1 Ontwerp. ....	17
4.2 Invloed van de grondwaterverlaging op de omgeving. ....	17
4.3 Remediërende maatregelen.....	18
4.3.1 Schermwanden. ....	18
4.3.2 Retourbemaling. ....	19
4.3.3 Horizontale injectielaag.....	20
4.4 Bemalingselementen binnen- of buiten de bouwput. ....	21
4.4.1 Bemalingselementen binnen de bouwput.....	21
4.4.2 Bemalingselementen buiten de bouwput.....	23
4.5 Opbarsten van de bodem van de bouwput.....	23
5 Beschoeiingen – Algemeen: .....	26
5.1 Inleiding.....	26
5.2 Autostabiele wanden.....	26
5.3 Uitvoeringstoleranties.....	27
5.4 Toegelaten vervormingen / verplaatsingen.....	28
5.5 Geleidingsbalken .....	30
5.6 Werkplatform en terreinvoorbereiding.....	30
5.7 Veiligheidsaspecten .....	30
6 Uitvoeringsfiches. ....	32
6.1 Inleiding:.....	32
6.2 Berlijnse wanden. ....	32
6.3 Palenwanden.....	33
6.4 Soilmixwanden.....	34
6.5 Damplanken.....	35

6.6	Diepwanden.....	35
7	Horizontale ondersteuning van de beschoeiing.....	37
7.1	Algemeen.....	37
7.2	Stempels.....	37
7.2.1	Horizontale stempels.....	37
7.2.2	Schuine stempels.....	37
7.3	Grondankers / op trek belaste micropalen.....	38
7.4	Een grondberm.....	39
7.5	De constructie zelf.....	40
8	Funderingspalen.....	41
8.1	Aandachtspunten aanbrengen van de palen voor het ontgraven van de bouwput.....	41
8.1.1	Hoogte tot waar de palen gebetonneerd worden.....	41
8.1.2	Uitvoeren van palen langsheen bestaande funderingen en keldermuren.....	42
8.1.3	Weggraven van de tussen de palen gelegen grond.....	42
8.2	Aandachtspunten aanbrengen van de palen na het ontgraven van de bouwput.....	43
8.2.1	Berijdbaarheid van de bodem van de bouwput.....	43
8.2.2	Aanbrengen palen in lagen met stijghoogte boven het werkvlak.....	43
8.2.3	Uitvoeren van palen langsheen beschoeiingwanden.....	44
8.2.4	Doorboren van achtergebleven funderingen en keldermuren.....	45
9	Coördinatie.....	47
10	Risicoanalyse.....	49
11	Monitoring.....	50
	Referenties.....	51
	Bijlage A.....	52
	WTCB - Infofiches 56.1 t.e.m. 56.6	

## Voorwoord

Dit document werd opgesteld in het kader van de thema-avonden “Beschoeiingen en grondankers” die georganiseerd worden door de Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek (BGGG) in samenwerking met de Belgische Vereniging voor Aannemers Funderingswerken (ABEF) en het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB).

Deze oefening kan gezien worden als de eerste stap in een poging om een set van geotechnische referentiedocumenten, die door de sector gedragen worden, op relatief korte termijn ter beschikking te stellen.

Deze documenten kunnen dan als basis dienen voor het opstellen van meer prescriptieve en normatieve documenten (bv. Technische Voorlichtingen, NBN – normen, enz.) die, naast de Nationale Bijlage van de Eurocode 7, door de sector kunnen gebruikt worden.

Deze tekst is gebaseerd op een nota van *em. Prof. Ir. Jan Maertens* “Hoe problemen met bouwputten vermijden?” en werd bij deze gelegenheid herwerkt tot een “Handboek beschoeiingen”

Verder werkten mee aan deze tekst:

- *Maurice Bottiau, ABEF & Franki Foundations Belgium*
- *Bart Lameire, ABEF & Lameire Funderingstechnieken*
- *Noël Huybrechts, WTCB & KULeuven*
- *Gauthier Van Alboom, MOW-VO, Afdeling Geotechniek*

Dit document is een voorlopige versie en kan niet beschouwd worden als definitief. Er wordt mogelijkheid geboden om commentaren op het document over te maken tot 30 november 2013.

Alleen commentaren die via de template, die beschikbaar is op de website van de BGGG-GBMS ([www.bggg-gbms.be](http://www.bggg-gbms.be)), worden aanvaard.

We hopen dat dit initiatief een positieve reactie zal krijgen vanuit de bouwsector en tot een globale verbetering in de aanpak van geotechnische ontwerpen zal leiden.

*Ir. Maurice Bottiau,  
Voorzitter BGGG*

## Inleiding

In tegenstelling tot heel wat andere bouwactiviteiten ontstaat er bij de uitvoering van bouwputten regelmatig een speciale situatie omdat er nagenoeg altijd veel partijen betrokken zijn.

Daardoor is het meestal niet mogelijk om op een eenduidige wijze vast te leggen wie voor welke activiteit verantwoordelijk is en, in het geval van schade, wie voor de ontstane schade verantwoordelijkheid is. Zeer dikwijls ontstaan er betreffende de verantwoordelijkheden langdurige discussies, die soms door de rechtbank moeten beslecht worden.

Regelmatig voorkomende problemen zijn:

- schade aan belendende gebouwen, constructies of wegenis;
- incorrecte of onvolledige rekennota's;
- onstabiel werkterrein;
- uitvoeringsproblemen t.g.v. ondergrondse obstakels, massieven en/of leidingen;
- meerwerken;
- geen vergunning voor het aanbrengen van grondankers onder aanpalende gebouwen.

De oorzaak van deze problemen is dikwijls te wijten aan:

- onvolledige of niet correcte informatie;
- ontwerpfouten;
- foutieve uitvoering;
- ontbreken van een wettelijk kader.

In de volgende paragrafen worden de verschillende aspecten van het ontwerp en de uitvoering van een beschoeiing behandeld.

Het betreft:

- het verzamelen van informatie betreffende de samenstelling en de eigenschappen van de ondergrond, het grondwaterpeil in rust en de in de omgeving aanwezige constructies;
- de afbraak- en voorbereidende werken;
- de grondwaterverlaging en de eventueel nodige remediërende maatregelen;
- de beschoeiingen en de horizontale ondersteuning ervan;
- de grondwerken;
- de uitvoering van funderings- en /of trekpalen;
- de coördinatie;
- risicoanalyse;
- monitoring.

# 1 Betrokken partijen

Bij het ontwerp en de uitvoering van een beschoeiing zijn zoals dus eerder gezegd nagenoeg altijd veel partijen betrokken, zoals:

- de bouwheer of opdrachtgever;
- de architect of studiedienst bij publieke werken;
- een studiebureau;
- een hoofdaannemer;
- gespecialiseerde onderaannemers voor:
  - de afbraak- en eventuele schoringswerken;
  - de grondwaterverlaging;
  - de grondwerken;
  - de beschoeiingen;
  - de funderingen.
- Een controlebureau

Door het groot aantal betrokken partijen is het niet altijd duidelijk wie welke verantwoordelijkheid draagt.

Daarbij komt nog dat de rol van de ABR verzekeraar niet altijd eenduidig is, vooral dan wat betreft zijn tussenkomst bij het ontwerp en bij de keuze en/of aanvaarding van de toegepaste beschoeiingssystemen.

## 2 Nodige informatie

Bij het ontwerp en de uitvoering van beschoeiingen is het van belang dat volgende informatie beschikbaar is:

- samenstelling en eigenschappen van de ondergrond inclusief de mogelijke aanwezigheid van versteningen;
- grondwaterpeil in rust;
- type en afmetingen van de funderingen van in de omgeving aanwezige constructies en de op deze funderingen aangrijpende belastingen;
- de positie van zettingsgevoelige leidingen;
- belastingen buiten de bouwput door de aanwezigheid van torenkranen of stockages;
- de mogelijke impact van archeologische opgravingen;
- fasering van de werken.

### 2.1 Samenstelling en eigenschappen van de ondergrond

Voor het type en aantal uit te voeren proeven wordt gerefereerd naar de "Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek" (BGGG, 2012) en de "Richtlijnen Bemalingen" (Van Calster e.a., 2009). Beide documenten zijn beschikbaar op [www.bggg-gbms.be](http://www.bggg-gbms.be).

Een omgevingsstudie moet worden uitgevoerd zoals is aangegeven in paragraaf 1 van de "Richtlijnen Bemalingen"

Het uitvoeren van diepsonderingen alleen is slechts aanvaardbaar bij bouwputten van beperkte afmetingen en tot beperkte diepte ( $= \leq 3\text{m}$ ) en indien uit de omgevingsstudie is gebleken dat het grondwaterpeil zich minimum 0.5m onder het uitgraafniveau bevindt.

Het type en de toepassingsklasse van de sonderingen wordt vastgelegd conform de "Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: sonderingen" (BGGG, 2012).

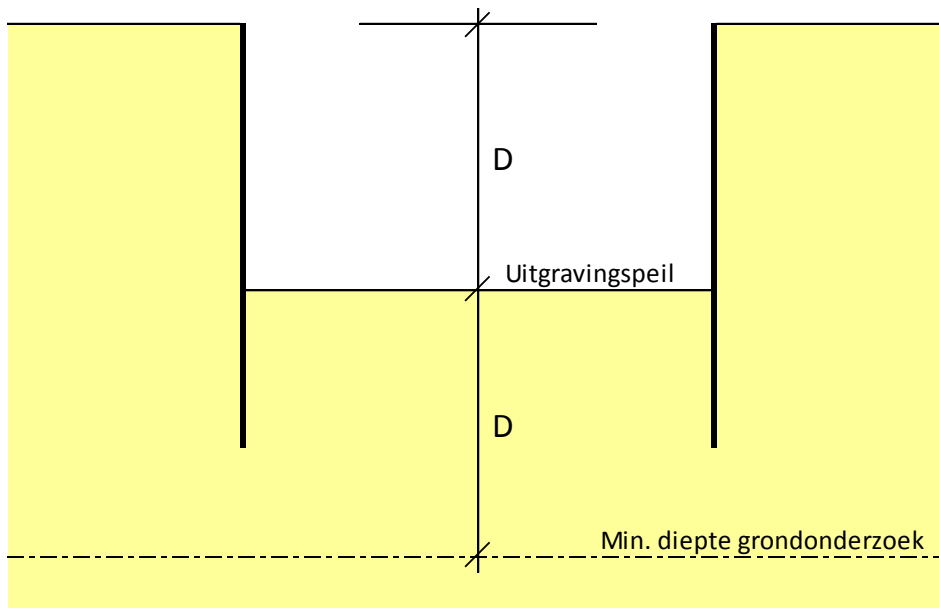
Wanneer bouwputten worden uitgevoerd tot in het grondwaterpeil moet altijd een peilfilter worden aangebracht. Deze peilfilter dient een voldoende tijd op voorhand regelmatig te worden opgemeten. Het is onaanvaardbaar om voor dergelijke bouwputten het grondwaterpeil af te leiden uit de metingen in het sondeergat.

Voor het ontwerp en uitvoeren van bouwputten dienen de diepsonderingen te worden uitgevoerd tot:

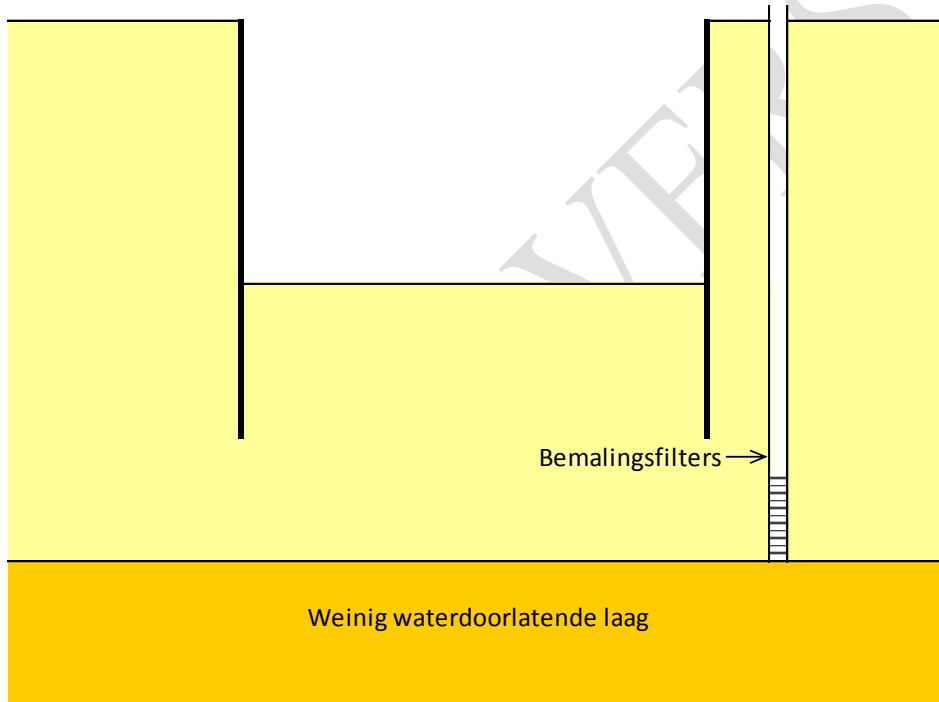
- minimum 10 m diepte
- 2 x de te realiseren uitgravingdiepte (zie figuur 1)
- de onderkant van de te plaatsen bemalingselementen (= filters of dieptebronnen); zie figuur 2.

Wanneer waterremmende of waterafsluitende schermen worden voorzien, reiken een aantal sonderingen tot voldoende diepte in de afsluitende laag (min. 2 m).





Figuur 1



Figuur 2

Voor beschoeiingen wordt standaard 1 sondering per 300 m<sup>2</sup> voorzien, met een minimum van 3. Voor sterk heterogene gronden (bv. quartaire afzettingen tot grote diepte) kan het aangewezen zijn om de sondeerdensiteit te verhogen tot 1 per 150 m<sup>2</sup>.

Voor zeer homogene gronden (bv. gedocumenteerde tertiaire lagen zonder anomalieën, discontinuïteiten) kan de sondeerdensiteit, mits gefundeerde motivering, gereduceerd worden tot 1 per 1000 m<sup>2</sup>, maar steeds met een minimum van 3 sonderingen.

Voor lineaire structuren worden standaard sonderingen om de 50 m voorzien. Voor sterk heterogene gronden kan het aangewezen zijn om de sondeerafstand te beperken tot 25 m. Voor zeer homogene gronden (bv. gedocumenteerde tertiaire lagen zonder

anomalieën, discontinuïteiten) kan de sondeerdensiteit mits gefundeerde motivering gereduceerd worden tot 1 per 100 m.

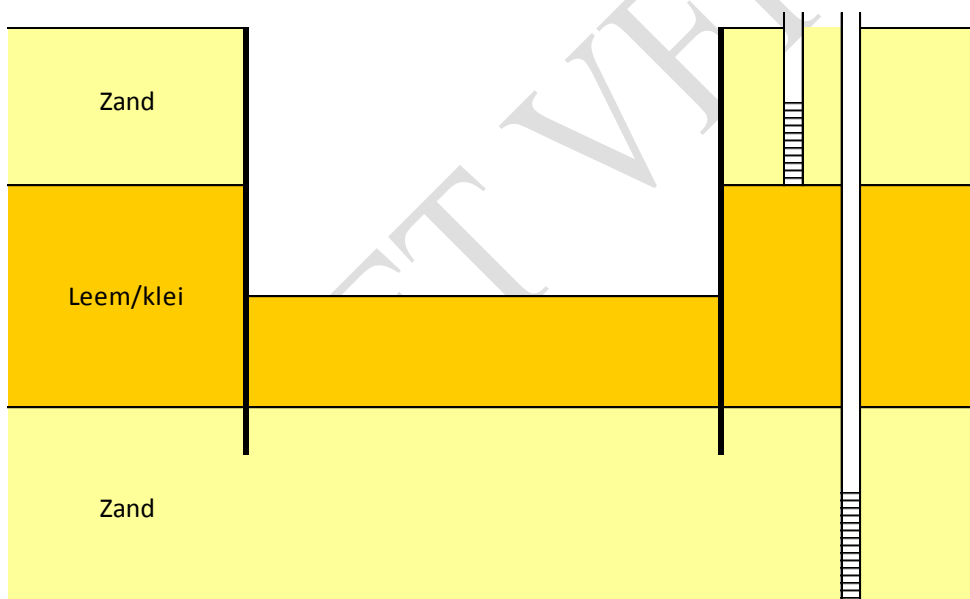
Wanneer uit de resultaten van de uitgevoerde diepsonderingen blijkt dat er anomalieën voorkomen, is het altijd nodig om bijkomende diepsonderingen uit te voeren teneinde de begrenzing van deze anomalieën te kunnen vastleggen.

## 2.2 Grondwaterpeil in rust

De wijze waarop het grondwaterpeil in rust moet worden bepaald is duidelijk omschreven in de “Richtlijnen Bemalingen”.

Het is van groot belang dat het grondwaterpeil in rust (of stijghoogte) wordt opgemeten in alle watervoerende lagen die door de uitvoering van de bouwput beïnvloed worden, d.w.z. tot minstens een diepte gelijk aan 2 x de ontgravingsdiepte.

Dit betekent dus dat er in elke watervoerende laag afzonderlijke peilfilters moeten worden aangebracht die gedurende een voldoende lange periode op voorhand moeten worden opgemeten (zie figuur 3).



Figuur 3

Het is niet altijd mogelijk om op een eenduidige wijze de in de ondergrond aanwezige watervoerende lagen af te bakenen. In geval van twijfel dienen er peilfilters te worden aangebracht in alle lagen die mogelijk watervoerend kunnen zijn.

Het in rekening te brengen grondwaterpeil is hierbij afhankelijk van de situatie en de beschikbare informatie (zie tabel 1).

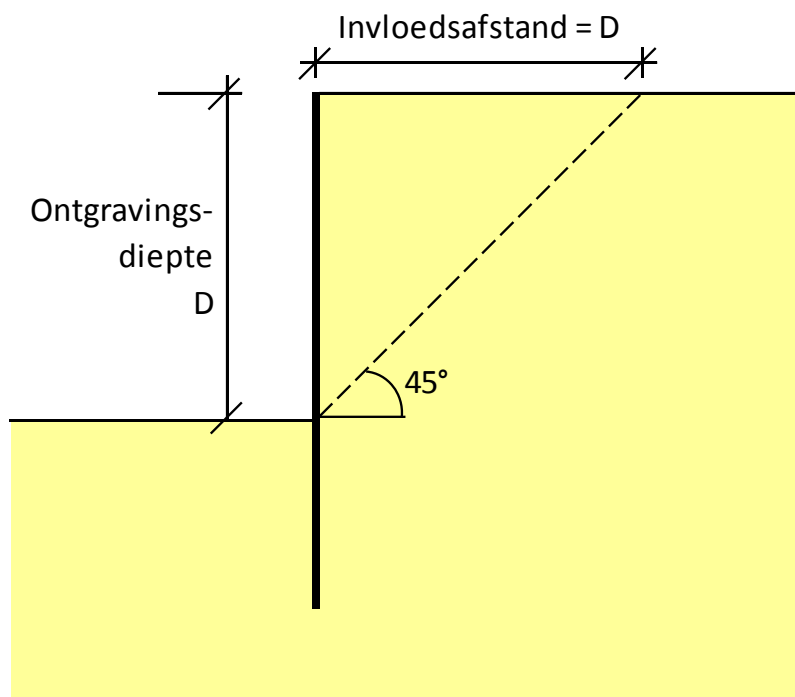
Situatie	In rekening te brengen GWP
In het geval van een vrije watertafel, tijdelijke situaties van de beschoeiing	-zonder meting: $P_{H_2O, kar} = \text{maaiveld}$ -opvolging meting <sup>1</sup> tijdens de uitgraving : $P_{H_2O, kar} = P_{H_2O, max} + 0.5 \text{ m}$
In het geval van een vrije watertafel, definitieve situatie van de beschoeiing	-bij 1 opgemeten waterstand <sup>1</sup> : $P_{H_2O, kar} = P_{H_2O} + 1.0 \text{ m}$ -bij een meetreeks <sup>1</sup> van 6 maanden: $P_{H_2O, kar} = P_{H_2O, max} + 0.75 \text{ m}$ -bij een meetreeks <sup>1</sup> > 1 jaar: $P_{H_2O, kar} = P_{H_2O, max} + 0.25 \text{ m}$ -bij een meetreeks <sup>1</sup> = levensduur: $P_{H_2O, kar} = P_{H_2O, max} + 0.0 \text{ m}$
In het geval van een watertafel onder druk	het waterpeil wordt bepaald in een afzonderlijke hydrogeologische studie
In het geval van een watertafel tijdens bemaling	het waterpeil wordt bepaald in een afzonderlijke bemalingsstudie

<sup>1</sup> De meting dient te worden uitgevoerd in een piëzometer peilbuis op het terrein

Tabel 1 – In rekening te brengen grondwaterpeil

### 2.3 Bestaande constructies

Wanneer er zich, zoals aangegeven in figuur 4, gebouwen bevinden binnen een afstand t.o.v. de rand van de bouwput gelijk aan de uitgravingsdiepte, dan dienen de afmetingen en de aanzetdiepte van de funderingen te worden bepaald, alsook de op deze funderingen aangrijpende belasting.



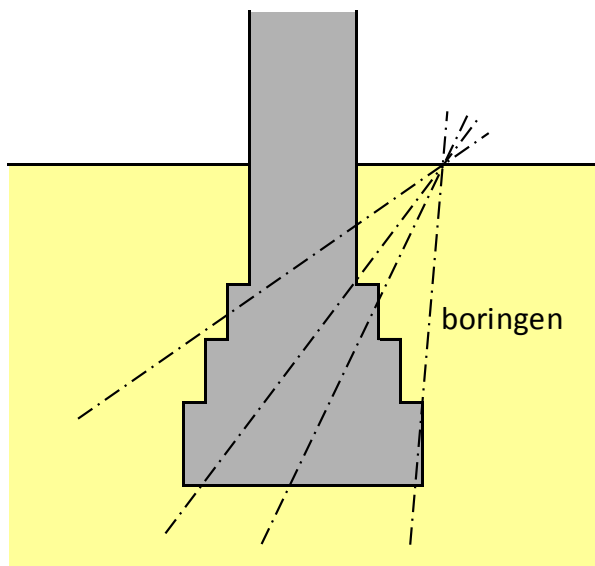
Figuur 4

Het bepalen van de afmetingen en de aanzetdiepte van de funderingen van bestaande gebouwen wordt dikwijls over het hoofd gezien, zeker wanneer plannen van deze funderingen beschikbaar zijn. Dienaangaande dient evenwel te worden opgemerkt dat:

- de meeste plannen die beschikbaar zijn, ontwerpplannen zijn en geen as-buitplannen;
- er van de bestaande plannen nagenoeg nooit kan worden afgeleid of er na de oprichting van het gebouw nog werken aan of onder de funderingen werden uitgevoerd.

De meest aangewezen methode voor het bepalen van de afmetingen en samenstelling van de funderingen van bestaande constructies bestaat in het maken van onderzoekspullen langsheen deze funderingen. Op deze wijze kunnen zowel de afmetingen als de samenstelling van de funderingen gecontroleerd worden. Om onderzoekspullen te kunnen maken is het wel nodig dat het grondwaterpeil zich onder het aanzetpeil van de funderingen bevindt of op een eenvoudige wijze tot dat peil kan verlaagd worden.

Wanneer het om één of andere reden niet mogelijk is om onderzoekspullen te maken tot op het aanzetpeil van de funderingen dienen er boringen te worden uitgevoerd doorheen deze funderingen zoals aangegeven op onderstaande figuur 5.



Figuur 5

Bij het maken van onderzoeksputten is het ook van groot belang dat er wordt nagegaan of er al eerder wijzigingen aan deze funderingen werden uitgevoerd, bvb. door ondermetselen of onderschoeien. Bij het vastleggen van de zettingen of horizontale verplaatsingen, die bij het aanleggen van een bouwput kunnen worden toegelaten, dient dan rekening te worden gehouden met het feit dat het gebouw of constructie bij de uitvoering van deze ondermetselingen of onderschoeiingen reeds zekere zettingen heeft ondergaan.

Het onderzoek van bestaande funderingen en het vastleggen van de op deze funderingen aangrijpende belastingen maakt deel uit van de coördinerende taak van de architect of studiedienst bij publieke werken. De architect of studiedienst kan deze taak wel op een formele wijze overdragen aan het studiebureau, de aannemer of een gespecialiseerde onderaannemer. Van een gespecialiseerde onderaannemer kan evenwel alleen verwacht worden dat hij dit onderzoek uitvoert wanneer hem dat formeel wordt opgedragen. Voor het uitvoeren van dit onderzoek moet dan een speciale post worden opgenomen in de meetstaat.

## **2.4 Zettingsgevoelige leidingen**

Wanneer er zich zettingsgevoelige leidingen (bv. waterleidingen en hoge druk gasleidingen) bevinden binnen een afstand t.o.v. de rand van de bouwput die gelijk zijn aan de uitgravingsdiepte, dan moet de exacte positie (in plan en diepte) van deze leidingen worden bepaald.

## **2.5 Belastingen buiten de bouwput**

Belastingen buiten de bouwput afkomstig van torenkranen en stockages moeten in een zo vroeg mogelijk stadium kenbaar gemaakt worden zodat ze kunnen in rekening gebracht worden bij het ontwerp van de beschoeiing.

## **2.6 Impact van archeologische opgravingen**

De eventuele noodzaak van archeologische opgravingen is als volgt geregeld.

### **a) Voor niet privaatrechtelijke rechtspersonen**

Het "Decreet van 30 juni 1993 houdende bescherming van het archeologisch patrimonium, gewijzigd bij decreten van 18 mei 1999, 28 februari 2003, 10 maart 2006 en 27 maart 2009" is van toepassing. De volledige tekst is terug te vinden op:

<http://www.rwo.be/NL/RWOnieuwsbrief/Hoofdmenu/Regelgeving/OnroerendErfgoed/Dehuidigewetdecreetenregelgeving/Decreetvan30juni1993>

Dit decreet houdt in dat bij vergunningsaanvragen die een invloed kunnen hebben op de ondergrond de vergunningverlenende overheid verplicht is binnen dertig dagen na ontvangst van het dossier advies in te winnen bij het agentschap Onroerend Erfgoed (OE). OE heeft op zijn beurt 30 dagen tijd om een advies uit te brengen.

### **b) Voor privaatrechtelijke rechtspersonen:**

De Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening Art.4.7.16 is van toepassing.

De vergunningsaanvraag gebeurt hier via de gemeente. OE heeft hier ook 30 dagen tijd om een advies uit te brengen.

Wanneer een archeologisch onderzoek nodig wordt geacht, maakt OE een document "Bijzondere voorschriften bij de vergunning van een archeologische opgraving" op. In het advies van OE (bij de bouwaanvraag) wordt hier steeds naar verwezen.

Deze voorschriften worden bindend gemaakt door ze aan de opgravingsvergunning te koppelen. Zij kunnen tevens door de bouwheer gebruikt worden om offertes of prijsvoorstellen op te vragen bij diensten die dit onderzoek kunnen uitvoeren.

Het archeologisch onderzoek kan uitgevoerd worden vóór de eigenlijke gunning of kan opgenomen worden in het contract van de aanneming.

De duur van het onderzoek wordt ingeschat bij de offerte.

Een voorafgaande communicatie tussen bouwheer/aannemer en OE is ten zeerste aanbevolen, daar bepaalde eisen die verband houden met de timing en planning van het bouwproject kunnen opgenomen worden in de hoger vernoemde Bijzondere voorschriften.

OE probeert zich zo soepel mogelijk op te stellen om de vooruitgang van de werken niet meer dan nodig te hinderen: na het beëindigen van het veldwerk van het archeologisch onderzoek zal OE toestemming tot werken geven.

Voor grote projecten kan deze toestemming tot werken per uitvoeringsfase van het project worden gegeven.

## **2.7 Fasering van de werken**

Een belangrijk aspect bij de uitvoering van bouwputten is de correcte inschatting van de gevolgen van de fasering van de werken.

De uitvoering van bouwputten is inderdaad een opeenvolging van verschillende fasen : terreinvoorbereiding, beschoeiing, uitgravingsfasen, grondwaterverlaging, palen in de bouwput,...

Tijdens deze verschillende uitvoeringsfasen kunnen situaties en belastingsgevallen ontstaan die niet voorzien werden tijdens de ontwerpfase, en die soms zware gevolgen kunnen hebben, zoals bvb.:

- tijdelijke uitgravingsfasen, zoals diepere zones voor liften of funderingszolen tegen beschoeiingswanden;
- voorlopige steunbermen met tijdelijke belastingen op palen;
- onrechtstreekse belastingen (manutentiekranen, ...);
- graafwerken naast vers uitgevoerde palen;
- ...

### 3 Voorbereidende werken

Wanneer een bouwput moet worden gerealiseerd ter plaatse van een bestaand gebouw, dient er duidelijk te worden aangegeven:

- of de naastgelegen gebouwen moeten geschoord worden en zo ja, hoe en door wie;
- tot op welk peil de grond mag worden weggegraven langsheen de bestaande funderingen.

#### 3.1 Schoren van naastgelegen gebouwen

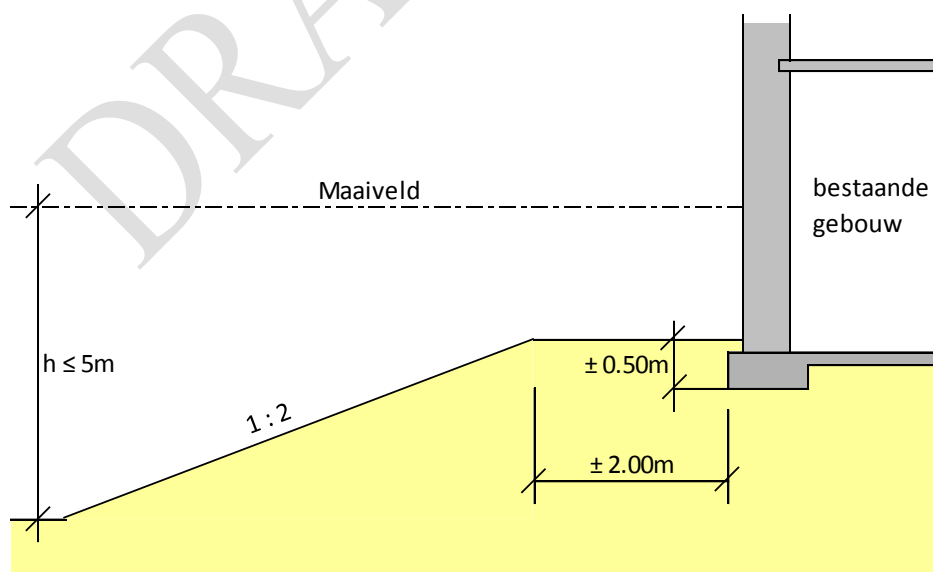
Het vastleggen of er al of niet moet geschoord worden en door wie maakt deel uit van de coördinerende taak van de architect of studiedienst bij publieke werken. De architect of studiedienst kan deze taak wel op een formele wijze overdragen aan het studiebureau, de aannemer of een gespecialiseerde onderaannemer. Van de afbreker kan alleen verwacht worden dat hij deze taak op zich neemt wanneer hem dat formeel wordt opgedragen. Voor het uitvoeren van deze taak moet dan een speciale taak worden opgenomen in de meetstaat.

Bij het vastleggen van het type schoring dient er rekening gehouden te worden met de fasering van de werken, teneinde interferentie met andere toekomstige werkzaamheden te vermijden.

#### 3.2 Weggraven van grond langsheen bestaande ondiepe funderingen

Door het weggraven van te veel grond langsheen bestaande ondiepe funderingen vermindert hun draagvermogen in belangrijke mate, waardoor er zettingen optreden.

Bij gebouwen met max. 3 verdiepingen kan als algemene regel worden aangehouden dat er te allen tijde 0,50 m grond naast een fundering moet blijven liggen, cfr. onderstaande figuur 6.



Figuur 6



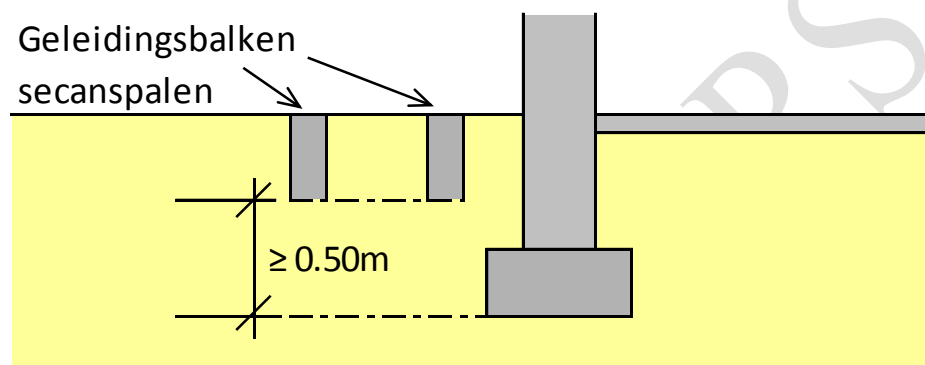
Verder afgraven kan alleen wanneer door middel van stabiliteitsberekeningen is aangetoond dat het draagvermogen van de fundering met de normaal vereiste veiligheid verzekerd is. Deze regel geldt uiteraard niet voor gebouwen die op palen gefundeerd zijn.

Voor hogere gebouwen moet telkens worden nagegaan, tot welk peil de grond langsheen de bestaande funderingen mag worden weggegraven.

In het contract van de grondwerker zou duidelijk moeten worden aangegeven tot welk peil de grond langsheen de bestaande funderingen mag worden weggegraven.

Belangrijke opmerking:

Wanneer geleidingsbalken worden aangebracht voor het realiseren van de beschoeiing (zie figuur 7) dient, bij het weggraven van grond voor het aanbrengen van deze geleidingsbalken, de bovenstaande regel eveneens te worden gerespecteerd.



Figuur 7

Het vastleggen tot welk peil de grond mag worden weggegraven langsheen bestaande funderingen maakt deel uit van de coördinerende taak van de architect of studiedienst bij publieke werken. De architect of studiedienst kan deze taak wel op een formele wijze overdragen aan het studiebureau, de aannemer of een gespecialiseerde onderaannemer. Van de grondwerker kan alleen verwacht worden dat hij deze taak op zich neemt wanneer hem dat formeel wordt opgedragen.

## **4 Grondwaterverlaging**

### **4.1 Ontwerp**

In de “Richtlijnen Bemalingen” is duidelijk aangegeven dat het ontwerp van de grondwaterverlaging moet worden opgesteld door de architect of door iemand, die daarvoor op een formele wijze door de architect werd aangesteld. Deze regel is gebaseerd op volgende redenering: het is in het algemeen de architect die, in overleg met de bouwheer, beslist dat er onder het grondwaterpeil zal worden gebouwd. Het is dus de taak van de architect om ervoor te zorgen dat de daarvoor nodige grondwaterverlaging op een degelijke wijze bestudeerd wordt.

Onder het ontwerp van een grondwaterverlaging wordt niet alleen het dimensioneren van de nodige bemalingselementen verstaan, maar ook:

- het vastleggen van het type bemaling dat zal worden toegepast;
- de fasering van de bemaling in de tijd: opstart, volledige verlaging of verlaging in functie van de uitgraving, grondwaterverlaging na uitvoering vloerplaat;
- het onderzoek naar de mogelijke invloed van de grondwaterverlaging op de omgeving;
- het vastleggen van de eventueel nodige remediërende maatregelen;
- aangeven of de bemalingselementen binnen- dan wel buiten de bouwput dienen te worden aangebracht
- nagaan of de bodem van de bouwput kan opbarsten.

Omdat het al dan niet voorzien van remediërende maatregelen een zeer belangrijke impact heeft op de kostprijs, kan dit niet zomaar aan de aannemer en/of de onderaannemer worden overgelaten.

### **4.2 Invloed van de grondwaterverlaging op de omgeving**

Teneinde de invloed van de grondwaterverlaging op de omgeving te kunnen inschatten, is het nodig dat de samenstelling van de ondergrond binnen de invloedstraal van de grondwaterverlaging gekend is. Om deze reden is in de “Richtlijn Bemalingen” duidelijk aangegeven, dat er voorafgaandelijk aan het eigenlijke grondonderzoek altijd een globaal onderzoek naar de samenstelling en de eigenschappen van de ondergrond moet worden uitgevoerd.

Om de invloed van de grondwaterverlaging op de omgeving te kunnen begroten is het gebruikelijk om ter plaatse van de beschikbare diepsonderingen zettingsberekeningen uit te voeren. Deze zettingsberekeningen worden altijd uitgevoerd voor het niet belaste maaiveld omdat ervan uitgegaan wordt dat bij een verlaging van het grondwaterpeil de zetting van het niet belaste maaiveld altijd groter is dan die van bestaande constructies. Alleen bij niet zwaar belaste kelderconstructies is dat niet het geval.

De zettingen die ontstaan bij een verlaging van het grondwaterpeil, worden in een zeer belangrijke mate bepaald door het feit of het grondwaterpeil ter plaatse reeds eerder werd verlaagd. Wanneer het grondwaterpeil al eerder verlaagd werd, dient niet met de samendrukkingsconstante, maar met de ontlastingsconstante (bepaald uit samendruk-

kingsproeven) gerekend te worden. De optredende zettingen zullen dan meestal een factor 3 à 5 x kleiner zijn dan deze die op basis van standaard zettingsberekeningen worden afgeleid.

Wanneer geen duidelijkheid bestaat betreffende de te verwachten zettingen, kan best worden overgegaan tot een proefbemaling, zoals aangegeven in de “Richtlijnen Bemalingen”.

In Bijlage D van de “Richtlijnen Bemalingen”, is aangegeven hoe de samendrukkingsconstante, nodig voor het berekenen van de te verwachten zettingen, kan worden afgeleid op basis van de resultaten van sonderingen.

### **4.3 Remediërende maatregelen**

De invloed van een grondwaterverlaging kan worden beperkt door:

- het aanbrengen van schermwanden;
- retourbemaling;
- het aanbrengen van een horizontale injectielaag.

#### **4.3.1 Schermwanden**

Schermwanden worden aangebracht om de bouwput hydraulisch te isoleren van de omgeving. Schermwanden zijn daarom alleen efficiënt wanneer ze over de volledige omtrek van de bouwput worden aangebracht en overal tot in een laag met een voldoende kleine doorlatendheid.

Dit betekent dat:

- er altijd bijkomende maatregelen nodig zijn wanneer een schermwand plaatselijk wordt onderbroken, bvb. ter hoogte van leidingen of obstakels in de ondergrond;
- er terdege rekening moet worden gehouden met mogelijke niveauverschillen van de bovenkant van de weinig doorlatende laag. Om de risico's op dat vlak zoveel mogelijk te beperken dienen er altijd voldoende proeven (diepsonderingen en/of boringen) te worden uitgevoerd om de bovenkant van de weinig doorlatende laag vast te leggen en zodoende ook de diepte tot waar de schermwand moet worden aangebracht.

In de “Richtlijnen Bemalingen” wordt aangegeven dat een schermwand wordt uitgevoerd tot minimum 1.5 m in de weinig doorlatende laag, eventueel te verhogen in functie van de doorlatendheid van de laag, het aanwezige verhang en het variërende peil van de bovenkant van de waterremmende laag.

In de courante praktijk worden schermwanden aangebracht tot 2m in de weinig doorlatende laag. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat een steek van 1m nodig is om een voldoende afdichting te verkrijgen en dat de bovenkant van de weinig doorlatende laag een variatie van 1m kan vertonen. Wanneer uit de resultaten van het grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de weinig doorlatende laag grote verschillen vertoont, kan het nodig zijn om de schermwanden tot een grotere diepte in de weinig doorlatende laag aan te brengen.

Wanneer de afdichtende laag slechts een beperkte dikte heeft, is het absoluut noodzakelijk dat er gecontroleerd wordt dat de bodem van de bouwput niet kan worden opgelicht door de waterdrukken op de onderkant van de weinig doorlatende laag.

Opmerking:

Bij gestaffelde secanspalenwanden wordt de diepte van de schermwand bepaald door de aanzetdiepte van de primaire (=kortste) palen.

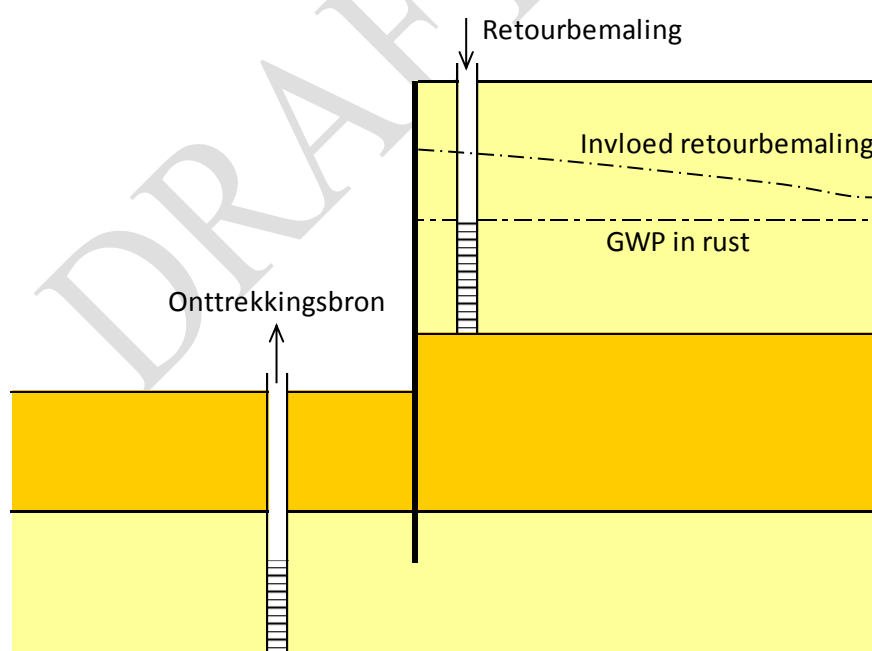
### 4.3.2 Retourbemaling

Door het opgepompte water geheel of gedeeltelijk terug in de grond te pompen is het mogelijk om de invloed van de grondwaterverlaging in de omgeving te beperken. Daarbij moet er een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen volgende situaties:

- Het oppompen en retourneren vindt plaats in dezelfde watervoerende laag
  - zonder schermwand
  - met schermwand
- Het oppompen en retourneren vindt plaats in verschillende watervoerende lagen.

Wanneer het oppompen en retourneren in dezelfde laag gebeurt, dient een afstand tussen onttrekkings- en retourneringsbron van minimum 10 keer de afmalingsdiepte gerespecteerd te worden.

Wanneer retourbemaling wordt toegepast onmiddellijk achter de schermwand dienen er duidelijke afspraken te worden gemaakt betreffende het grondwaterpeil dat voor het dimensioneren van de schermwand moet in rekening gebracht worden (zie figuur 8).



Figuur 8

Een retourbemaling vereist altijd een gedetailleerde studie waarbij:

- de diepte en samenstelling van de onttrekking- en retourputten wordt vastgelegd;
- de geschiktheid van het opgepompte water wordt onderzocht;
- de invloed op de omgeving wordt nagegaan.

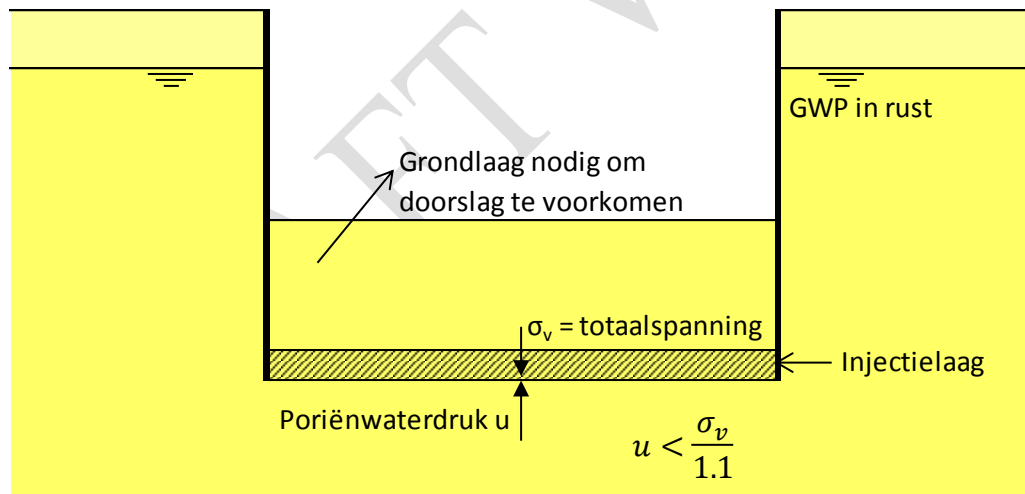
Informatie op dat gebied is opgenomen in par. 5.3.2 van de “Richtlijnen Bemalingen”.

### 4.3.3 Horizontale injectielaag

Wanneer geen weinig doorlatende laag voorkomt op een redelijke diepte, kan de invloed van de grondwaterverlaging worden beperkt door een horizontale injectielaag aan te brengen ter hoogte van de onderkant van de beschoeiingswanden. Daarbij dient een duidelijk onderscheid te worden gemaakt tussen diepgelegen en hooggelegen injectielagen.

#### a) Diepgelegen injectielagen

Diepgelegen injectielagen worden op een zodanige diepte aangelegd dat het boven de injectielaag gelegen grondmassief niet kan worden opgelicht. Daarvoor moet de waterdruk  $u$  op de onderkant van de injectielaag altijd kleiner zijn dan  $0,9 \times$  het gewicht van de bovengelegen gronden (= totaalspanning  $\sigma_v$ ), zoals is aangegeven op onderstaande figuur 9.



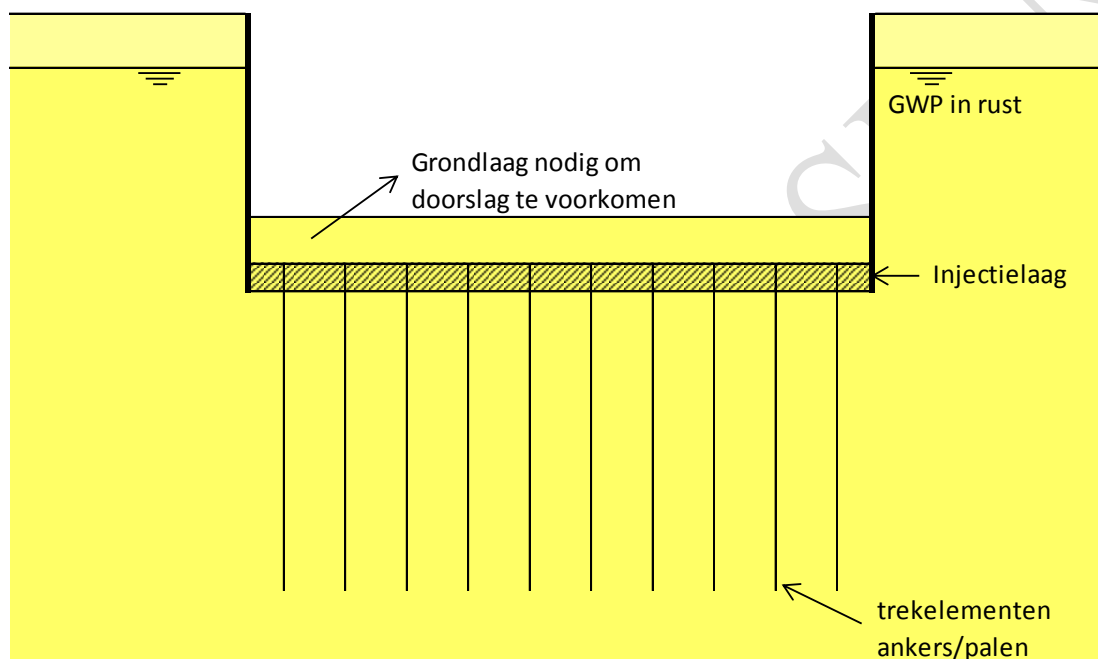
Figuur 9

Voor de verlaging van het waterpeil binnen de bouwput moet altijd een beperkte bemaling worden geïnstalleerd. Om discussies zoveel mogelijk te voorkomen, moet de uitvoering van deze bemaling dan wel zeer goed worden afgestemd met de uitvoering van de horizontale injectielaag.

## b) Hooggelegen injectielagen

Bij hooggelegen injectielagen wordt op een beperkte diepte onder de bodem van de bouwput een stijve injectielaag aangebracht die door middel van trekelementen naar onder toe verankerd wordt. De injectielaag moet voldoende sterk zijn om de waterdruk te kunnen overbrengen naar de trekelementen.

Bovenop de injectielaag moet een laag grond met een voldoende dikte worden in stand gehouden zodat er geen doorslag kan ontstaan wanneer de injectielaag beperkte lekkages vertoont (zie figuur 10).



Figuur 10

## 4.4 Bemalingselementen binnen- of buiten de bouwput

Bij de uitvoering van een grondwaterverlaging dient er altijd duidelijk te worden vastgelegd of de bemalingselementen binnen of buiten de bouwput dienen te worden aangebracht.

Duidelijke afspraken daaromtrent zijn nodig om te kunnen:

- nagaan of de beschoeiing en de bemaling compatibel zijn;
- vastleggen welke waterdruk er bij het dimensioneren van de beschoeiing moet in rekening gebracht worden.

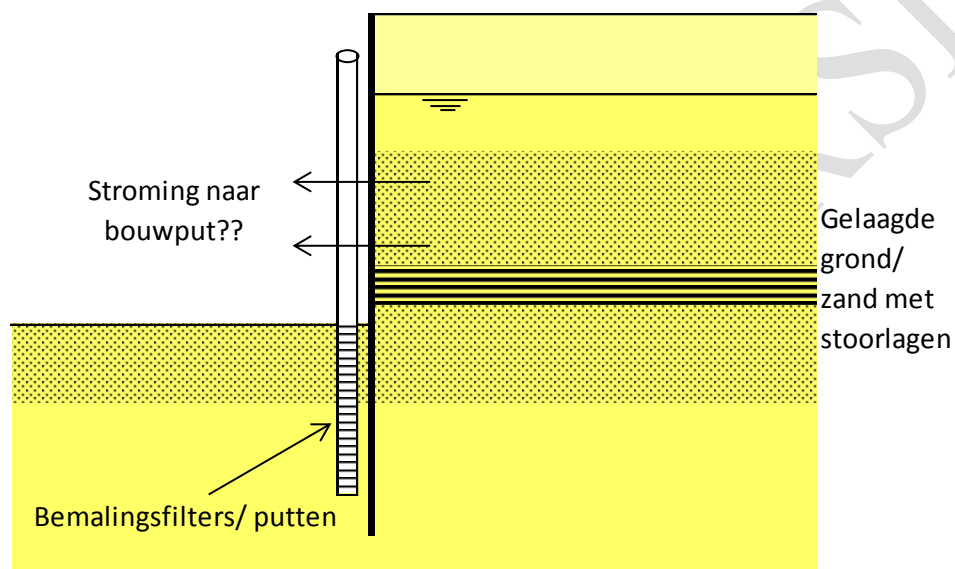
### 4.4.1 Bemalingselementen binnen de bouwput

Het aanbrengen van de bemalingselementen binnen de bouwput heeft als voordeel dat:

- het ruimtebeslag tot een minimum beperkt wordt;
- de bemalingsinstallatie kan worden aangebracht nadat er een zekere voorafgraving is uitgevoerd, bvb. tot 0,50m boven het grondwaterpeil;
- de invloed van de grondwaterverlaging kan worden beperkt door de bemalingselementen slechts aan te brengen tot een zekere hoogte boven de onderkant van de beschoeiing.

Wanneer de bemalingselementen binnen de bouwput worden aangebracht, moeten er altijd duidelijke afspraken gemaakt worden betreffende het waterpeil dat bij het dimensioneren van de beschoeiing langs de buitenkant van de bouwput in rekening moet gebracht worden.

Vooraf bij gelaagde gronden en zandlagen waarin stoorlagen voorkomen bestaat immers geen zekerheid dat het waterpeil achter de beschoeiing overal voldoende verlaagd wordt, wanneer de bemalingselementen binnen de bouwput worden aangebracht (zie figuur 11).



Figuur 11

Het aanbrengen van bemalingselementen langs de binnenkant van de bouwput is niet toegelaten bij Berlijnse wanden en bij palenwanden (tangens) die geen waterkerende functie kunnen vervullen.

Bij Berlijnse wanden kunnen er zich problemen voordoen wanneer:

- een waterdruk ontstaat achter een autostabiele wand en deze als gevolg daarvan een te grote horizontale verplaatsing ondergaat;
- een waterdruk ontstaat achter de stalen beschottingsplaten en deze als gevolg daarvan een te grote vervorming ondergaan;
- een waterdruk ontstaat achter een wand en er als gevolg daarvan grond en water in de bouwput stroomt doorheen de aanwezige spleten.

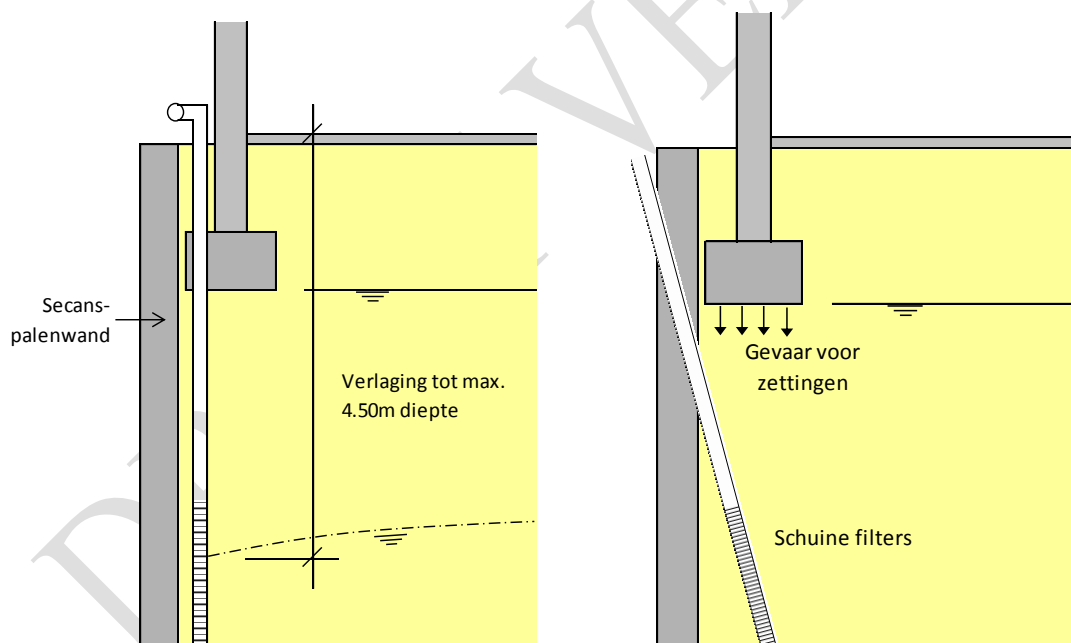
Bij secanspalen mag er nooit zonder meer worden van uitgegaan dat het waterpeil langs de buitenkant van de bouwput in dezelfde mate zal verlaagd worden als binnen de bouwput. Hieromtrent dienen duidelijke afspraken gemaakt te worden.

#### 4.4.2 Bemalingselementen buiten de bouwput-

Wanneer de bemalingselementen buiten de bouwput worden aangebracht is er meer duidelijkheid betreffende het grondwaterpeil dat bij het dimensioneren van de beschoeiing langs de buitenkant van de bouwput moet in rekening gebracht worden.

Bij een bemaling met filters moet er wel terdege rekening mee worden gehouden dat het waterpeil slechts tot max. 4,5m diepte kan verlaagd worden wanneer er geen voorafgraving wordt uitgevoerd. Wanneer het waterpeil tot een grotere diepte moet verlaagd worden is het dus noodzakelijk om een voorafgraving uit te voeren of dient de grondwaterverlaging te worden uitgevoerd met behulp van dieptebronnen.

Een speciale situatie doet zich voor wanneer de beschoeiing onmiddellijk naast de funderingen van bestaande constructies moet worden aangebracht. In het algemeen is er dan te weinig ruimte om de bemalingselementen tussen de beschoeiing en de fundering van de bestaande constructies aan te brengen. In dergelijke situaties worden de bemalingselementen soms schuin doorheen de funderingen of de beschoeiing aangebracht (zie figuur 12). Omdat dergelijke uitvoeringswijze altijd het risico inhoudt dat er bij de plaatsing van de bemalingselementen zettingen ontstaan, moeten er duidelijke afspraken worden gemaakt i.v.m. wie welke risico's draagt.



Figuur 12

#### 4.5 Opbarsten van de bodem van de bouwput

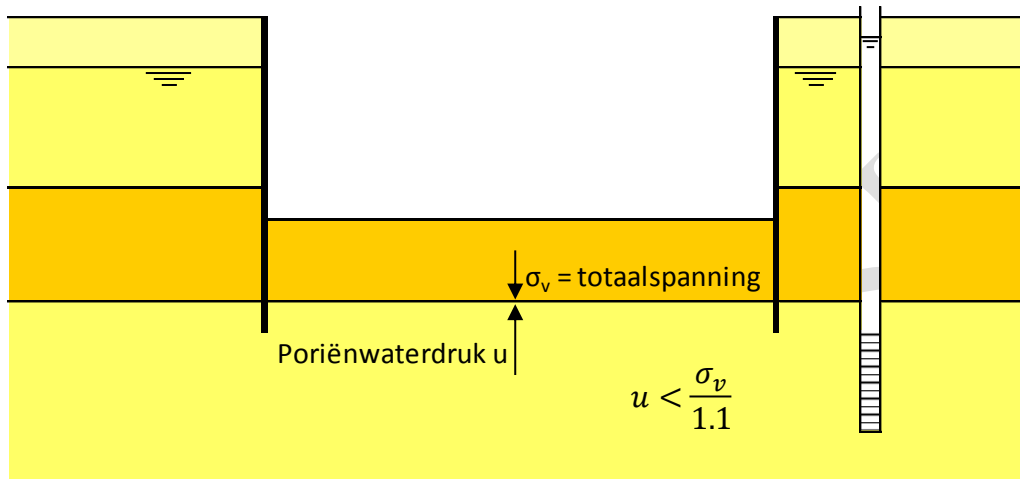
Wanneer er onder de bodem van de bouwput een watervoerende laag voorkomt, moet er altijd worden gecontroleerd of er gevaar bestaat dat de bodem van de bouwput kan worden opgelicht en als gevolg daarvan gaat opbarsten. Om daarover een betrouwbare uitspraak te kunnen doen is het absoluut noodzakelijk dat de stijghoogte in deze



watervoerende laag gekend is, of m.a.w. dat er in deze watervoerende laag een peilfilter is aangebracht en dat het waterpeil in deze peilfilter gedurende een voldoende lange tijd werd opgemeten.

Op basis van het opgemeten waterpeil moet dan worden gecontroleerd dat de waterdruk op de onderkant van de afdichtende laag altijd kleiner is dan 0,9 x het gewicht van de bovengelegen grond (totaalspanning  $\sigma_v$ ), cfr. onderstaande figuur 13. Voor de bepaling van het gewicht van de grond wordt gerekend met:

- het drooggewicht boven het grondwaterpeil;
- het verzadigd gewicht onder het grondwaterpeil.

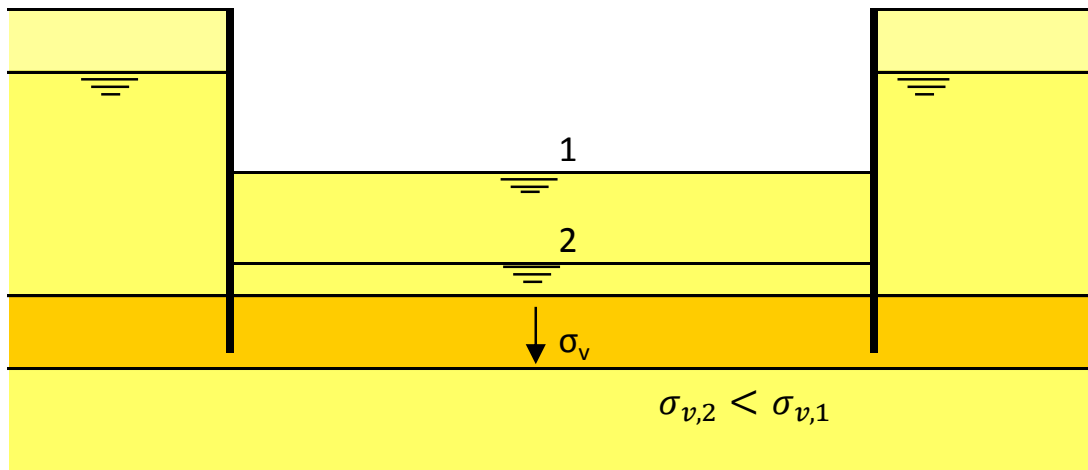


Figuur 13

Omdat het volumegewicht van de verzadigde grond altijd groter is dan het drooggewicht mag het grondwaterpeil binnen de bouwput niet meer verlaagd worden dan hetgeen strikt noodzakelijk is voor de uitvoering. Dit wordt geïllustreerd in de onderstaande figuur 14. Doordat de totaalspanning ter hoogte van de onderkant van de weinig doorlatende laag kleiner is in situatie 2 dan in situatie 1, is de veiligheid ten aanzien van het oplichten van de bouwput altijd gunstiger met het waterpeil op niveau 1 dan met het waterpeil op niveau 2.

Indien aan de voorwaarde ten aanzien van oplichting van de bodem van de bouwput niet voldaan is, dient ofwel:

- een spanningsbemaling te worden uitgevoerd in de onder de weinig doorlatende laag gelegen watervoerende laag. Er dient dan wel te worden gecontroleerd dat de invloed van deze spanningsbemaling op de omgeving aanvaardbaar is;
- de diepte van de schermwanden te worden verhoogd, eventueel in combinatie met het aanbrengen van een horizontale injectielaag.



Figuur 14

## **5 Beschoeiingen – Algemeen**

### **5.1 Inleiding.**

Er zijn momenteel een groot aantal technieken beschikbaar voor het realiseren van een verticale beschoeiing. Al deze technieken hebben evenwel hun voor- en nadelen en daardoor hun eigen toepassingsgebied.

De meest gebruikte technieken zijn:

- berlijnse wanden
- secanspalenwanden
- soilmixwanden
- damplanken
- diepwanden

Voor het verdiepen van bestaande funderingen worden ook regelmatig technieken gebruikt waarmee een beschoeiing kan worden gerealiseerd, o.a.:

- ondermetselen
- onderschoeien
- jet-grouting.

Deze technieken zullen hierna echter niet verder worden besproken.

Doordat iedere techniek zijn eigen voor- en nadelen en zijn beperkingen heeft komt het er altijd op aan om voor iedere toepassing de meest geschikte techniek te kiezen.

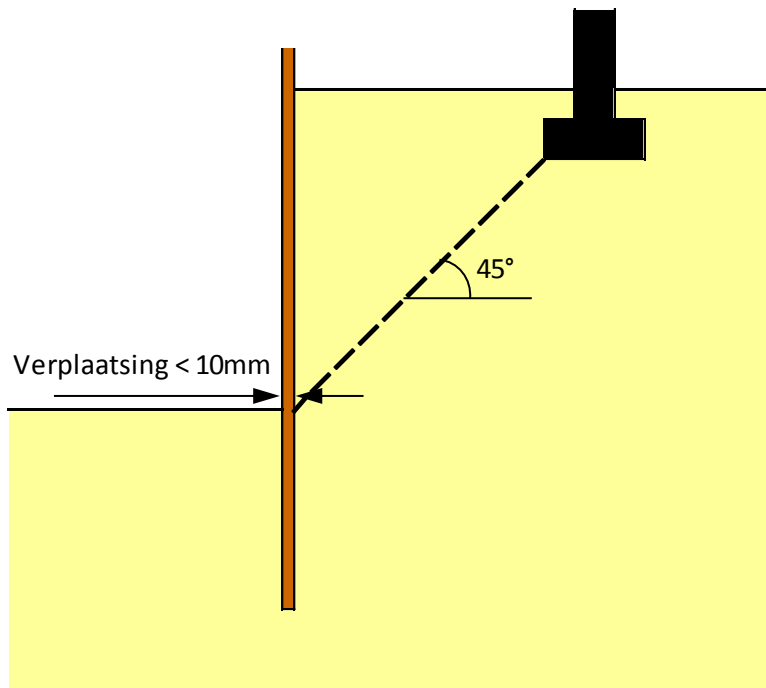
Bij de keuze van de toe te passen techniek moet ook terdege rekening worden gehouden met:

- het specifiek toepassingsgebied van autostabiele wanden;
- de uitvoeringstoleranties;
- de toegelaten vervormingen / verplaatsingen;
- speciale omstandigheden zoals beschoeiingen langsheen tuinmuren, Garages, ...

### **5.2 Autostabiele wanden**

Autostabiele wanden zijn wanden waarbij de horizontale ondersteuning alleen verzekerd wordt door de passieve gronddruk. Het gevolg daarvan is dat dergelijke wanden, hoe stijf en hoe lang ze ook mogen zijn, altijd een aanzienlijke horizontale verplaatsing ondergaan. Deze verplaatsing is immers nodig voor het mobiliseren van de passieve gronddruk.

Omdat de horizontale verplaatsing die nodig is voor de mobilisatie van de passieve gronddruk niet nauwkeurig kan worden ingeschat, is het in geen geval toegelaten om autostabiele wanden toe te passen binnen de invloedzone van ondiepe funderingen of zettingsgevoelige leidingen, zoals aangegeven in figuur 15.



Figuur 15

Belangrijke opmerking:

Bij het ontwerpen en uitvoeren van autostabiele wanden moet er terdege rekening mee gehouden worden dat autostabiele wanden aanzienlijk grotere risico's inhouden dan verankerde of afgestempelde wanden. Bij autostabiele wanden zullen geringe afwijkingen t.o.v. de bij het ontwerp aangenomen waarden snel leiden tot zeer grote en dikwijls onaanvaardbare verplaatsingen. Bij verankerde of afgestempelde wanden leiden gelijkaardige afwijkingen tot een afname van de globale veiligheid, maar veel minder snel tot grote verplaatsingen.

Wanneer autostabiele wanden worden toegepast, moet er dan ook altijd duidelijk worden vastgelegd:

- wie beslist of de bemalingselementen buiten- of binnen de bouwput worden aangebracht;
- wie verantwoordelijk is wanneer de autostabiele wand excessieve verplaatsingen ondergaat, bvb. ingevolge het uitvallen van de bemalingsinstallatie.

Met uitzondering van zeer gunstige randvoorwaarden kunnen autostabiele wanden geen waterkerende functie vervullen.

### 5.3 Uitvoeringstoleranties

Bij het ontwerp van een beschoeiing dient er rekening gehouden te worden met de uitvoeringstoleranties.

In de al beschikbare Europese uitvoeringsnormen (zie referentielijst) zijn richtwaarden opgenomen betreffende te hanteren uitvoeringstoleranties. Deze uitvoeringstoleranties zijn

overgenomen in de uitvoeringsfiches die door het WTCB werden opgesteld voor de courante beschoeiingstechnieken.

Een ander aspect waaraan in de ontwerpfase eveneens aandacht aan besteed dient te worden, is de impact van bepaalde afwijkingen op de te verwerken hoeveelheden. Wanneer bvb. een beschoeiing gemiddeld 0,10m te ver naar achteren geplaatst is, betekent dit dat er bij de uitvoering van de betonwand die tegen de beschoeiing wordt aangestort 0,10 m<sup>3</sup> meer beton per m<sup>2</sup> wand zal nodig zijn, wanneer de maatvoering van de voorkant van de wand gerespecteerd wordt.

De toegelaten afwijkingen moeten in het bestek en in het contract met de gespecialiseerde aannemer worden aangegeven, alsook wie de meerkosten draagt die een gevolg zijn van een overschrijding van de normale afwijkingen.

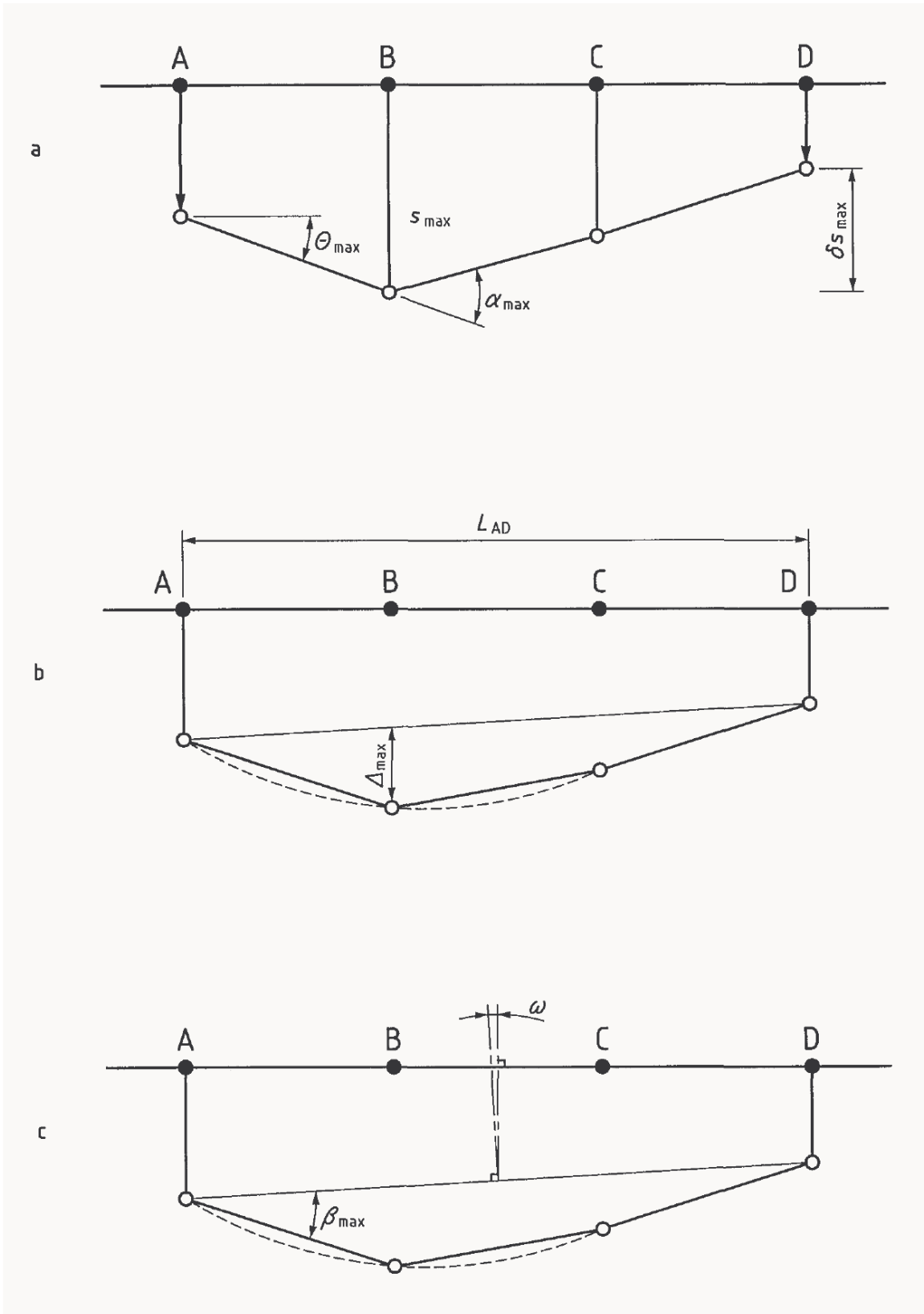
#### **5.4 Toegelaten vervormingen / verplaatsingen**

Voor het vastleggen van de toegelaten vervormingen / verplaatsingen bestaan er geen algemeen aanvaarde regels. In de literatuur zijn heel wat grafieken en/of tabellen terug te vinden waarin richtwaarden van toegelaten vervormingen / verplaatsingen zijn opgenomen.

Bij het vastleggen van de toegelaten vervormingen en verplaatsingen moet rekening worden gehouden met:

- de binnen de invloedzone aanwezige constructies en zettingsgevoelige leidingen;
- de maatvoering van de in de bouwput op te richten constructie.

De waarde van de toegelaten vervormingen en verplaatsingen moet worden opgenomen in het bestek. In figuur 16 vindt men de definities van de verplaatsing van de fundering uit Bijlage H van de Eurocode 7 (NBN EN 1997-1, 2005).



Figuur 16

- a: definities van zetting  $s$ , zettingsverschil  $\delta s$ , rotatie  $\theta$  en hoekverdraaiing  $\alpha$
- b: definities van relatieve zakking  $\Delta$  en zakkingsratio  $\Delta/L$
- c: definities van scheefstand  $\omega$  en relatieve rotatie (hoekverdraaiing)  $\beta$

## **5.5 Geleidingsbalken**

Vooraleer de beschoeiingswerken worden aangevat, moeten geleidingsbalken gemaakt worden.

Het type geleidingsbalken dat toegepast wordt, is afhankelijk van de toegepaste beschoeiingstechniek.

De geleidingsbalken hebben meerdere functies:

- maatvoering van het werk;
- geleiding van de grijpers / boren;
- ophangen van de wapening en betonrebuizen;
- ...

Zij worden uitgevoerd in licht gewapend beton, ter plaatse gestort tegen de grond met een binnenbekisting of dubbelzijdig bekist met stabiele aanvulling nadien (gestabiliseerd zand).

Het is uiterst belangrijk dat deze geleidingsmuren vastzitten in de grond om hun functie te kunnen vervullen.

## **5.6 Werkplatform en terreinvoorbereiding**

Teneinde een kwalitatief werk te kunnen waarborgen, dient het werkplatform correct, vlak en stabiel te worden aangelegd.

Meestal vereist dit de plaatsing van een geotextiel en minimum 30 cm steenslag of gekalibreerd afbraakpuin.

Het is essentieel dat het kaliber van het puin en/of de steenslag compatibel is met de toegepaste techniek.

## **5.7 Veiligheidsaspecten**

Wanneer beschoeiingen moeten worden aangebracht langsheen tuinmuren of garages, wordt nogal eens geopteerd voor een zo goedkoop mogelijke beschoeiing. Daarbij wordt er dan van uitgegaan dat de tuinmuur of garage snel kan herbouwd of hersteld worden wanneer er schade ontstaat.

Ongeacht de vraag of dergelijke benadering al dan niet juridisch correct is, dient er te allen tijde te worden gezorgd dat de veiligheid van de personen die in de bouwput werkzaam zijn verzekerd blijft. Dit betekent dus dat er moet voor gezorgd worden dat in geval van instabiliteit van de tuinmuur of garage, geen brokstukken kunnen terechtkomen in de bouwput.

Mogelijke maatregelen daarvoor zijn:

- het tot op een zekere hoogte doortrekken van de profielen van Berlijnse wanden en secanspalenwanden;
- het aanbrengen van verankerde netten die moeten voorkomen dat de muur of delen van de muur in de bouwput kunnen terechtkomen. Dergelijke verankerde matten worden regelmatig gebruikt voor de beveiliging van rotsmassieven;
- het vernagelen van de funderingen en/of de tuinmuren zelf.

DRAFT VERSION



## **6 Uitvoeringsfiches.**

### **6.1 Inleiding**

Door het WTCB (2012) werden uitvoeringsfiches opgesteld voor de in België regelmatig toegepaste beschoeiingstechnieken. Deze fiches zijn opgenomen als bijlage bij dit handboek en omvatten telkens:

- a. Typering van het systeem
- b. Uitvoering – algemene beschouwing
- c. Materialen
- d. Karakteristieke afmetingen
- e. Draagvermogen
- f. Horizontale verplaatsing
- g. Toepassingsgebied
- h. Speciale aandachtspunten
- i. Varianten
- j. Kwaliteitszorg

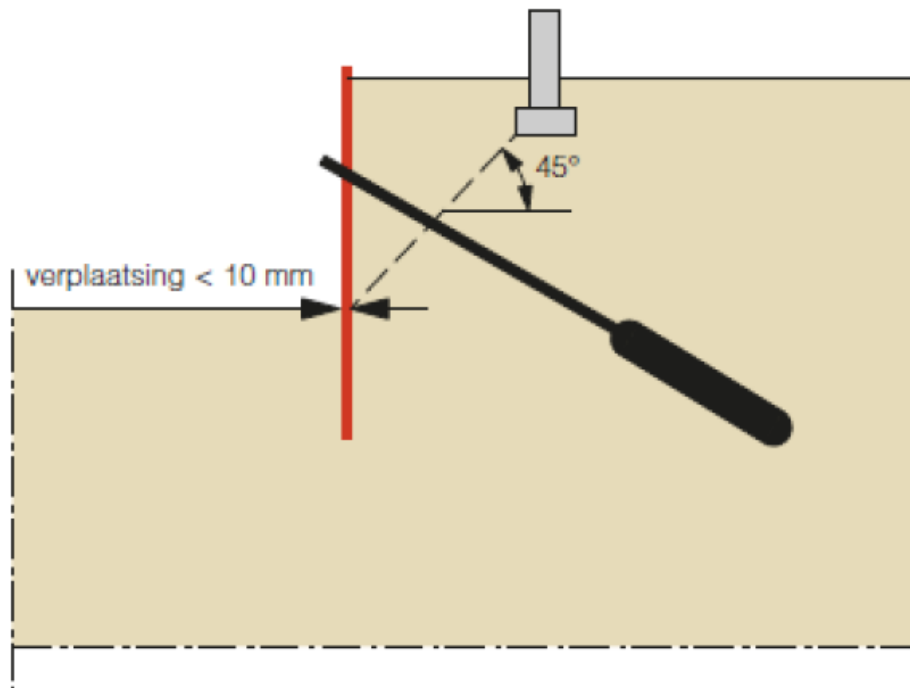
In de hiernavolgende paragrafen zijn nog enkele algemene beschouwingen opgenomen.

### **6.2 Berlijnse wanden.**

Voor Berlijnse wanden wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen:

- Type 1: beschotting aangebracht tijdens de uitgraving;
- Type 2: beschotting aangebracht voorafgaand aan de uitgraving.

Omdat Berlijnse wanden nagenoeg altijd vrij grote verplaatsingen ondergaan kunnen deze in geen geval worden toegepast binnen de invloedzone van ondiepe funderingen en zettingsgevoelige leidingen, d.w.z. ook niet wanneer ze verankerd worden (zie figuur 17).



Figuur 17

Tuinmuren en garages vallen in principe ook onder deze regel. Indien om economische redenen toch beslist wordt om een Berlijnse wand aan te brengen langs de tuinmuur of garage, dan is het absoluut noodzakelijk om de profielen tot een voldoende hoogte door te trekken en om de muur zodanig op deze profielen af te schoren, dat er geen brokstukken in de bouwput kunnen terechtkomen in geval van instabiliteit.

Berlijnse wanden kunnen alleen toegepast worden wanneer er in de achter de wand gelegen grond geen grondwater voorkomt en/of kan voorkomen. Bij sterk gelaagde gronden is de toepassing van Berlijnse wanden te ontraden omdat er nooit zekerheid bestaat dat het grondwaterpeil achter de wand overal tot onder het uitgravingspeil kan verlaagd worden.

Bij Berlijnse wanden dienen de bemalingselementen altijd langs de buitenkant van de bouwput te worden aangebracht.

Regelmatig voorkomende problemen bij Berlijnse wanden zijn:

- overdreven verplaatsingen van autostabiele wanden;
- intrede van grond en water in de bouwput;
- overdreven vervorming van de stalen beschottingsplaten t.g.v. grondwaterdrukken.

### 6.3 Palenwanden

Voor palenwanden wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen:

- Type 1: in elkaar geplaatste palen (secanspalenwand);
- Type 2: rakend naast elkaar geplaatste palen (tangenspalenwand).

Bij het ontwerp en de uitvoering van palenwanden moet er een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen palenwanden die:

- alleen een grondkerende functie hebben;
- een grond- en waterkerende functie hebben.

*a) Palenwanden met alleen een grondkerende functie.*

Tangenspalenwanden kunnen alleen een grondkerende functie vervullen en worden meestal toegepast wanneer het grondwaterpeil zich onder het te realiseren afgravingspeil bevindt. Wanneer het grondwaterpeil zich boven het te realiseren afgravingspeil bevindt, dienen de bemalingselementen altijd langs de buitenkant van de bouwput te worden aangebracht en dienen er duidelijke afspraken te worden gemaakt i.v.m. wie de gevolgen draagt voor het uitvallen van de bemaling.

Secanspalen met alleen een grondkerende functie worden meestal gestaffeld uitgevoerd.

Bij secanspalenwanden die alleen een grondkerende functie hebben, kunnen de bemalingselementen alleen langs de binnenkant van de bouwput worden aangebracht, wanneer de ondergrond tot een zekere diepte onder het te realiseren afgravingspeil volledig bestaat uit goed doorlatend zand, waarin geen minder doorlatende (stoor-) lagen voorkomen. Wanneer de ondergrond een zekere gelaagdheid heeft, dienen de bemalingselementen langs de buitenkant van de bouwput te worden aangebracht.

*b) Secanspalenwanden met een grond- en waterkerende functie.*

Bij het ontwerp en de uitvoering van secanspalenwanden met een grond- en waterkerende functie moeten duidelijke afspraken gemaakt worden i.v.m. wie welke verantwoordelijkheid draagt.

Een belangrijk aspect hierbij vormt de invloed van de gangbare uitvoeringstolerantie op de overlapping van de palen met de diepte.

In de infofiche 56.3 van het WTCB wordt er bvb. aangegeven dat de tolerantie op de helling van de palen doorgaans 1,3% bedraagt en dat voor een secanspalenwand die wordt toegepast als silostructuur en/of met een waterremmende functie vaak een hellingsnauwkeurigheid van 0,5% geëist wordt.

Wanneer ervan uitgegaan wordt dat de afwijking van een correct uitgevoerde secanspaal dus max. 1/200 bedraagt, dan is het risico reëel dat er vanaf een diepte gelijk aan  $d \times 100$ , met  $d$  = de overlapping tussen de palen, geen overlapping meer bestaat tussen 2 naast elkaar gelegen palen. Uitgaande van de normaal toegepaste oversnijding van 7cm geldt dus dat er vanaf 7m diepte geen zekerheid meer bestaat dat de overlapping overal aanwezig is.

## **6.4 Soilmixwanden**

Voor soilmixwanden wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen:

- Type 1: wanden opgebouwd uit kolommen;
- Type 2: wanden opgebouwd uit panelen.

Het uitvoeren van soil mix wanden in verontreinigde gronden houdt altijd risico's in omdat de verontreinigingen er voor kunnen zorgen dat de binding van het bindmiddel vertraagt of zelfs niet wordt ingezet.

De uitvoering van een soilmixwand zou dan ook altijd moeten worden voorafgegaan door een gedetailleerd onderzoek naar de mogelijke aanwezigheid van verontreinigingen.

Bij het uitvoeren van soilmixwanden langsheen bestaande constructies dienen er duidelijke afspraken gemaakt te worden i.v.m.:

- mogelijke zettingen tijdens de uitvoering van de wand;
- mogelijke zettingen ingevolge de vervorming/verplaatsing van de wand;
- de duurzaamheid van de wand.

Wanneer soilmixwanden worden afgereesd of afgegraven ter plaatse van uitstulpingen of om de dikte te verminderen, dienen er duidelijke afspraken gemaakt te worden i.v.m.

- de in te zetten middelen,
- de mogelijke beschadiging van de wand.

## **6.5 Damplanken**

Damplanken kunnen worden gebruikt voor de beschoeiing van bouwputten wanneer de volgende voorzorgen worden in acht genomen:

- bij het intrillen van damplanken op minder dan 20 meter van bestaande constructies, dienen er op deze constructies trillingsmetingen te worden uitgevoerd. Door de ontwerper van de beschoeiing dient dan te worden vastgelegd welk trillingsniveau aanvaardbaar is. Richtwaarden van toegelaten trillingsniveaus zijn o.a. opgenomen in DIN 4150-2 en DIN 4150-3 en in de SBR meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen;
- damplanken kunnen alleen maar getrokken worden wanneer de hoeveelheid grond die aan de damplanken kleeft zodanig klein is, dat er geen ontoelaatbare zettingen kunnen ontstaan.

## **6.6 Diepwanden**

Ondanks het feit dat de diepwandtechniek reeds meerdere decennia wordt toegepast, zijn er nog altijd een aantal onopgeloste vragen, o.a. met betrekking tot:

- de mogelijke invloed van de gebruikte bentonietsoort. Dit blijkt vooral belangrijk te zijn bij veengronden en verontreinigde gronden;
- de aanwending van hulpstoffen in het beton. Wanneer bindingsvertragers en plastificeerders worden toegepast is het meestal niet goed geweten welke invloed beide na een zekere periode hebben op de verwerkbaarheid van het beton.

Omdat het uitvoeren van diepwanden doorheen losgepakte en/of aangevulde gronden altijd risico's inhoudt, dienen er duidelijke afspraken gemaakt te worden i.v.m. de mogelijke kosten voor:

- het meerverbruik aan beton;
- het weghakken van uitstulpingen in de wand.

Omdat er bij diepwanden altijd een reëel risico bestaat op het voorkomen van anomalieën die aanleiding geven tot lekkages, dienen er duidelijke afspraken gemaakt te worden i.v.m.:

- de meldingen die moeten gemaakt worden tijdens het ontgraven (wat en aan wie?);
- de maatregelen die moeten getroffen worden wanneer anomalieën worden vastgesteld.

Van belang daarbij is dat de aannemer van de diepwand duidelijke, liefst schriftelijke, instructies overmaakt aan de aannemer van de grondwerken, de hoofdaannemer en de opdrachtgever.

Dit kan het best gebeuren door middel van een gedetailleerde risicoanalyse.

Bij diepwanden met een belangrijke waterkerende functie is het aangewezen om de vervormingen van de wand te beperken. Verder moet er bij het ontgraven op gelet worden dat er tijdens het ontgraven geen al te hoge verticale taluds kunnen ontstaan, omdat deze aanleiding geven tot verschillen in de vervorming van naast elkaar gelegen panelen.

## **7 Horizontale ondersteuning van de beschoeiing**

### **7.1 Algemeen**

De horizontale ondersteuning van de beschoeiing kan worden verzekerd door middel van:

- stempels
- grondankers
- een grondberm
- de constructie zelf.

### **7.2 Stempels**

Bij stempels kan een onderscheid gemaakt worden tussen:

- horizontale stempels
- schuine stempels.

#### **7.2.1 Horizontale stempels**

Bij horizontale stempels moet de te verwachten horizontale verplaatsing van de beschoeiing gecontroleerd worden. Daarbij moet rekening gehouden worden met:

- de elastische vervorming van de stempels
- de invloed van de te verwachten variaties van de temperatuur.

Om de te verwachten horizontale verplaatsing van de beschoeiingen tot de toegelaten waarde te beperken kan het nodig zijn om:

- de stempels bij hun plaatsing voor te spannen
- de stempels te isoleren of maatregelen te treffen ten einde de temperatuursinvloed te beperken.

Bij het dimensioneren van horizontale stempels zal in de meeste gevallen de knik bepalend zijn.

#### **7.2.2 Schuine stempels**

Wanneer schuine stempels worden toegepast, moet er altijd voor gezorgd worden dat de stabiliteit van de massieven waarop wordt afgeschoord, met een voldoende veiligheid verzekerd is.

Afschoren op ondiep aangezette massieven is in het algemeen niet mogelijk omdat de door de stempels uitgeoefende sterk gehelde belasting niet aan de grond kan worden overgedragen. De aangewezen maatregel bestaat er dan in om de massieven waarop

wordt afgeschoord onderling te verbinden door middel van balken of een gedeelte van de vloerplaat, zodat de horizontale componenten van de stempelkrachten elkaar opheffen.

Ook wanneer er wordt afgeschoord op massieven die op palen gefundeerd zijn, moet er altijd gecontroleerd worden dat de horizontale component van de stempelkracht door de palen kan worden opgenomen en dat te verwachten horizontale verplaatsingen aanvaardbaar zijn. Wanneer dit niet het geval is, bestaat de aangewezen maatregel er hier dan ook in om de massieven waarop wordt afgeschoord onderling te verbinden door middel van balken of een gedeelte van de vloerplaat, zodat de horizontale componenten van de stempelkrachten elkaar opheffen.

### **7.3 Grondankers / op trek belaste micropalen**

Indien grondankers / trekpalen worden aangebracht onder naburige eigendommen moet de bouwheer / opdrachtgever of de architect daarvoor een formele toelating vragen.

Grondankers zijn trekelementen die door middel van een cementinjectie worden vastgezet in de grond en die bestaan uit een wortellengte en een vrije lengte. Ieder grondanker moet aan een belastingsproef worden onderworpen vooraleer te worden vastgezet.

Op trek belaste micropalen zijn trekelementen die door middel van een cementinjectie worden vastgezet, maar die niet voorzien zijn van een vrije lengte en/of waarop geen belastingsproef wordt uitgevoerd.

Van belang is dat duidelijk wordt aangegeven:

- welk type verankering wordt toegepast;
- tot welke kracht de belastingsproeven worden uitgevoerd bij grondankers;
- hoeveel en welke belastingsproeven worden uitgevoerd bij op trek belaste micropalen. Deze belastingsproeven kunnen alleen worden uitgevoerd op micropalen die speciaal hiertoe voorzien zijn van een vrije lengte.

Bij het dimensioneren van grondankers en op trek belaste micropalen moet rekening worden gehouden met:

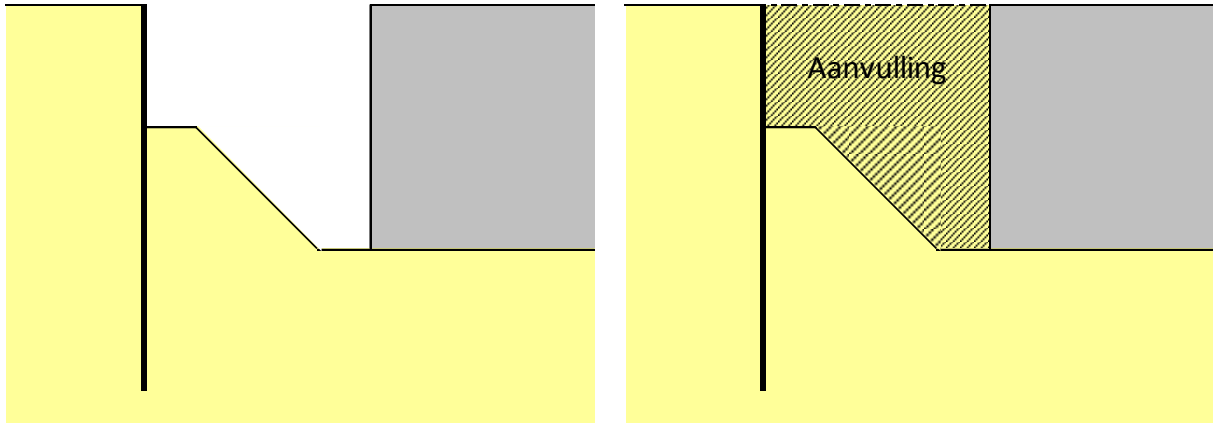
- de op te nemen krachten, zoals bepaald bij het dimensioneren van de beschoeiing;
- de toegelaten verplaatsing.

Wanneer grondankers worden uitgevoerd met zelfborende stangen, moet duidelijk worden aangegeven hoe de vrije lengte zal worden uitgevoerd en gecontroleerd.

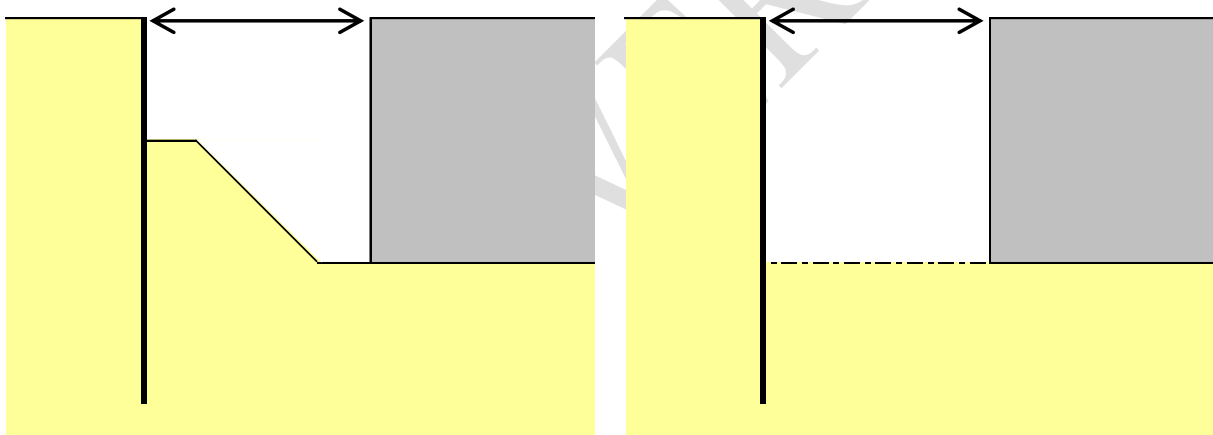
Wanneer de horizontale verplaatsingen moeten beperkt worden, is in het algemeen nodig om grondankers te voorzien. Door het aanbrengen van de nodige voorspanning is het dan mogelijk om de verplaatsingen te beperken.

## 7.4 Een grondberm

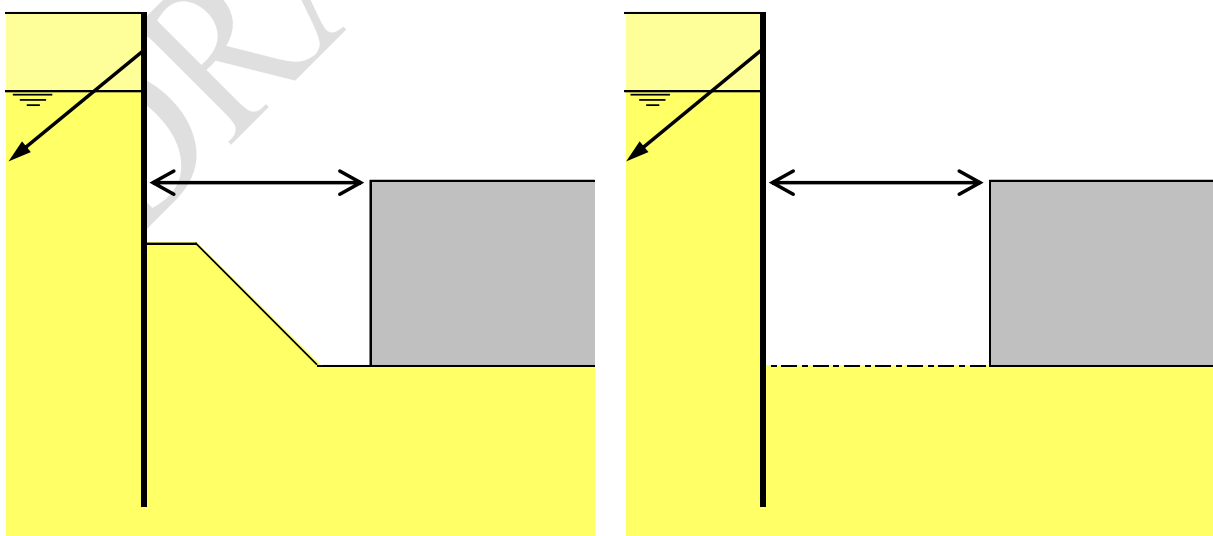
Grondbermen kunnen in meerdere situaties worden toegepast, zoals hieronder schematisch is weergegeven (figuren 18,19 en 20).



Figuur 18 - Autostabiele wand met steunberm



Figuur 19 - Steunberm in combinatie met afstempeling



Figuur 20 - Steunberm in combinatie met grondankers en afstempeling



## **7.5 De constructie zelf**

Een ondersteuning door middel van de constructie zelf wordt normaal gezien slechts toegepast wanneer het niet mogelijk is om grondankers aan te brengen of bij zeer complexe en/of zeer diepe bouwputten.

Meestal worden eerst verticale elementen aangebracht om de verticale verplaatsing te beperken van de vloerplaten die de horizontale ondersteuning moeten verzekeren. Van belang daarbij zijn:

- de belastingen die door deze verticale elementen moeten worden opgenomen in tijdelijke en definitieve toestand;
- de toegelaten zettingen van deze verticale elementen;
- de toegelaten afwijkingen van deze verticale elementen t.o.v. hun theoretische positie.

Wanneer de horizontale ondersteuning door middel van de constructie zelf wordt verzekerd, moet de grond onder de eerder aangebrachte vloerplaat worden ontgraven (ontgraven in stross). Van belang is dat duidelijke afspraken worden gemaakt betreffende:

- de openingen die in de vloerplaat moeten voorzien worden ten behoeve van de afvoer van de ontgraven grond;
- de maatregelen die nodig zijn wanneer de grond op het ontgravingsniveau niet of moeilijk berijdbaar is.

## 8 Funderingspalen

Wanneer onder de in de bouwput te realiseren constructie palen moeten worden aangebracht, dient in de ontwerpfase te worden beslist of de palen vóór of na het ontgraven van de bouwput zullen worden aangebracht.

### 8.1 Aandachtspunten bij het aanbrengen van de palen voor het ontgraven van de bouwput

#### 8.1.1 Hoogte tot waar de palen gebetonneerd worden

Het is gebruikelijk om palen die vanaf een hoger werkvlak worden uitgevoerd slechts te betonneren tot een zekere hoogte boven het te realiseren ontgravingspeil.

In slappe gronden ontstaat daarbij wel het risico dat ter hoogte van het ontgravingspeil of enigszins dieper, de horizontale gronddruk groter is dan de betondruk en dat als gevolg daarvan de ingebrachte betonspecie gedeeltelijk wordt weggedrukt na het trekken van de voerbuis. Daardoor kan de doorsnede van de paal lokaal sterk afnemen en kunnen er als gevolg daarvan ontoelaatbare spanningen ontstaan in het beton (zie figuur 21).



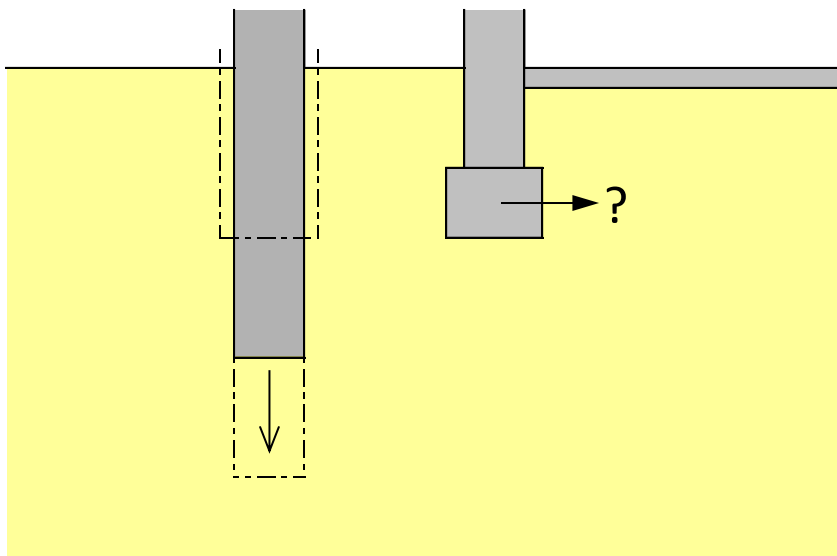
Figuur 21

Wanneer palen slechts tot op een zekere hoogte worden gebetonneerd, is het dus altijd noodzakelijk dat er na het ontgraven van de bouwput wordt gecontroleerd of alle palen de vereiste doorsnede hebben.

### 8.1.2 Uitvoeren van palen langsheen bestaande funderingen en keldermuren

Het uitvoeren van palen op een geringe afstand van bestaande ondiepe funderingen en keldermuren houdt altijd risico's in.

Bij grondverdringende palen is er altijd gevaar dat de ondiepe funderingen lateraal worden weggedrukt (figuur 22). Een probleem daarbij is dat de te verwachten horizontale verplaatsing zeer moeilijk te voorspellen is. Voorboren om de grond losser te maken helpt soms om de grondverdringing te beperken, maar niet altijd.



Figuur 22

De aangewezen oplossing bestaat erin om voerbuizen aan te brengen en de palen doorheen deze voerbuizen uit te voeren.

Bij grondverwijderende palen (boorpalen of avegaarpalen) kan de grond onder de funderingen ontspannen worden en kunnen er als gevolg daarvan zettingen ontstaan. De aangewezen maatregel bestaat er dan in om de palen uit te voeren met een verbuisde avegaar.

### 8.1.3 Weggraven van de tussen de palen gelegen grond

Bij het weggraven van de tussen de palen gelegen grond moet erop worden toegezien dat de palen niet beschadigd raken. Het is in ieder geval aangewezen om nadat de bouwput volledig is ontgraven, enkele palen vrij te graven tot op 0,5 à 1,0m onder de bodem van de bouwput, ten einde na te gaan of de palen niet gescheurd zijn in die zone. Palen waarin scheuren worden vastgesteld, dienen tot onder de scheuren te worden afgebroken en daarna opnieuw te worden gebetonneerd.

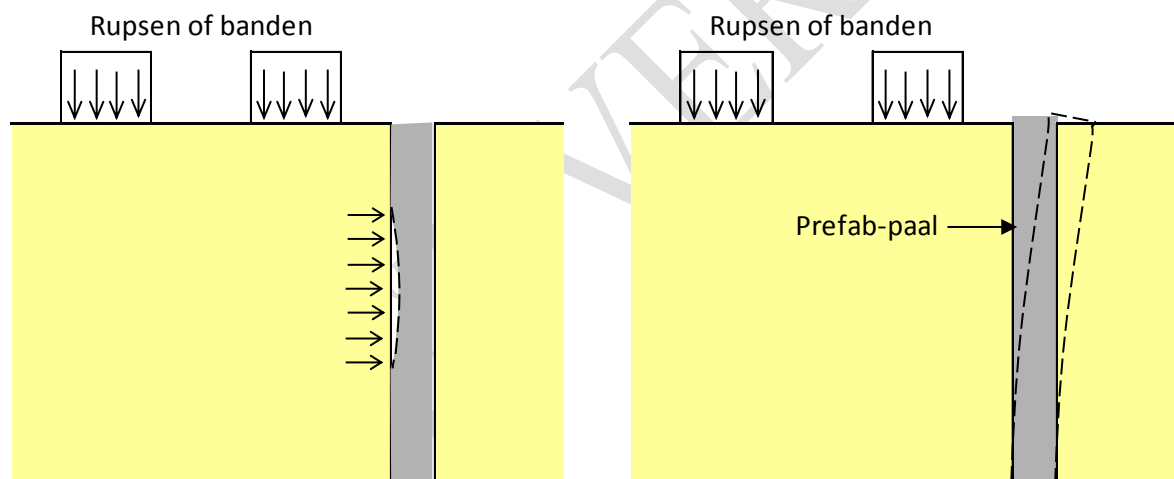
Het gebeurt dikwijls dat palen die van een hoger gelegen peil worden uitgevoerd tijdens de uitgravingswerken in tijdelijke steunbermen vallen, waardoor ze dan aan tijdelijke horizontale belastingen onderworpen worden, waarvoor ze niet ontworpen zijn. Vervormingen of breuken kunnen hiervan het gevolg zijn.

## 8.2 Aandachtspunten bij het aanbrengen van de palen na het ontgraven van de bouwput

### 8.2.1 Berijdbaarheid van de bodem van de bouwput

Wanneer ter hoogte van het uitgravingspeil weinig weerstandbiedende lagen voorkomen, moet altijd duidelijk worden afgesproken wie de nodige werkplatformen zal ontwerpen, realiseren en betalen.

Veel problemen bij de uitvoering van palen vanaf de bodem van de bouwput zijn een gevolg van het niet beschikbaar zijn van een goed berijdbaar en voldoende stabiel werkplatform, zie bvb. figuur 23.



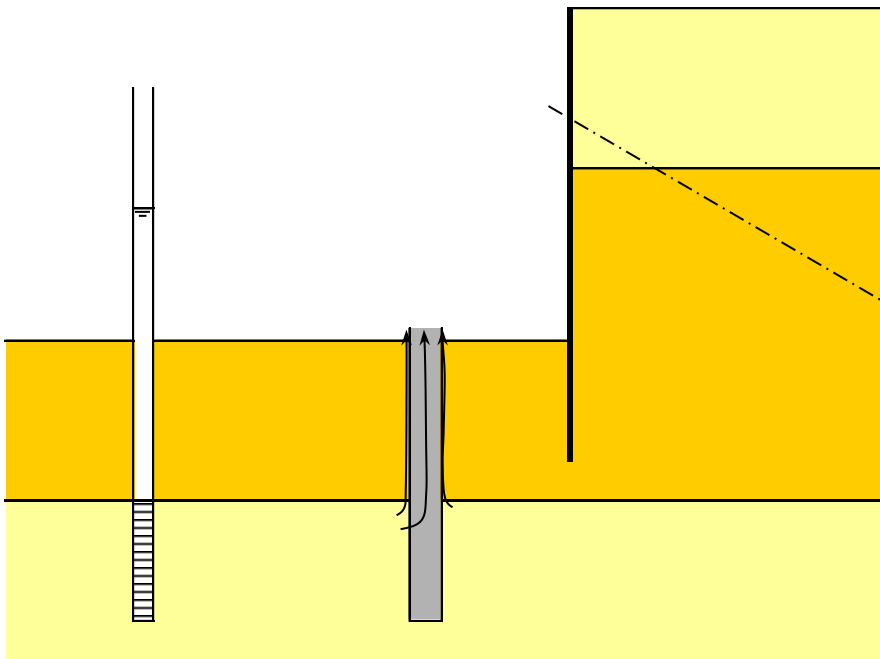
Figuur 23 – Uitvoeren van palen vanaf de bodem van een bouwput bij afwezigheid van een goed werkplatform: risico op wegpersen van vers beton bij in de grond gevormde palen (links) of het veroorzaken van te grote momenten in prefabpalen (rechts)

### 8.2.2 Aanbrengen van palen tot in lagen waarin de stijghoogte zich boven het werkvlak bevindt

Wanneer palen worden aangebracht tot in een laag waarin de stijghoogte reikt tot boven het werkvlak, is er altijd een reëel gevaar dat er langsheen de paal water naar het werkvlak stroomt (figuur 24).

Bij in de grond gevormde palen wordt er nogal eens van uitgegaan dat er geen water langsheen de paal kan stromen wanneer de druk van het vloeibaar beton overal groter is dan de waterdruk. Er zijn evenwel gevallen bekend waarbij er in een dergelijke situatie

toch een stroming langsheen de paal heeft plaatsgevonden. Een mogelijke verklaring is dat er, door de krimp van het beton, een preferentiële weg ontstaat langsheen de paal (zie figuur 24).

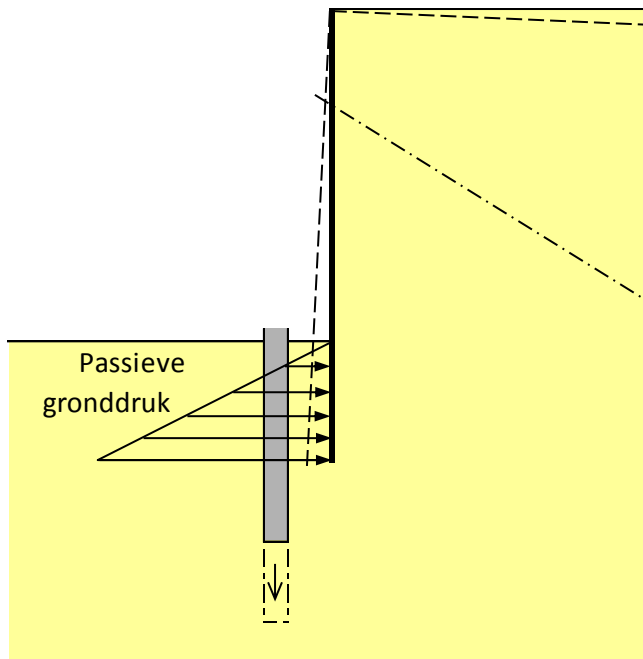


Figuur 24

Indien er toch beslist wordt om in een dergelijke situatie palen uit te voeren, dient er duidelijk te worden afgesproken wie de verantwoordelijkheid en de kosten zal dragen in geval van lekkage.

### 8.2.3 Uitvoeren van palen langsheen beschoeiingswanden

Bij het uitvoeren van palen langsheen beschoeiingswanden moet erop worden toegezien dat de spanningstoestand in de grond ter hoogte van de steek van de wand zo weinig mogelijk wordt gewijzigd. Wijzigingen van deze spanningstoestand geven immers altijd aanleiding tot horizontale verplaatsingen (zie bv. figuur 25).



Figuur 25

Om de horizontale verplaatsingen van de wand zoveel mogelijk te beperken, dient ervoor te worden gezorgd dat:

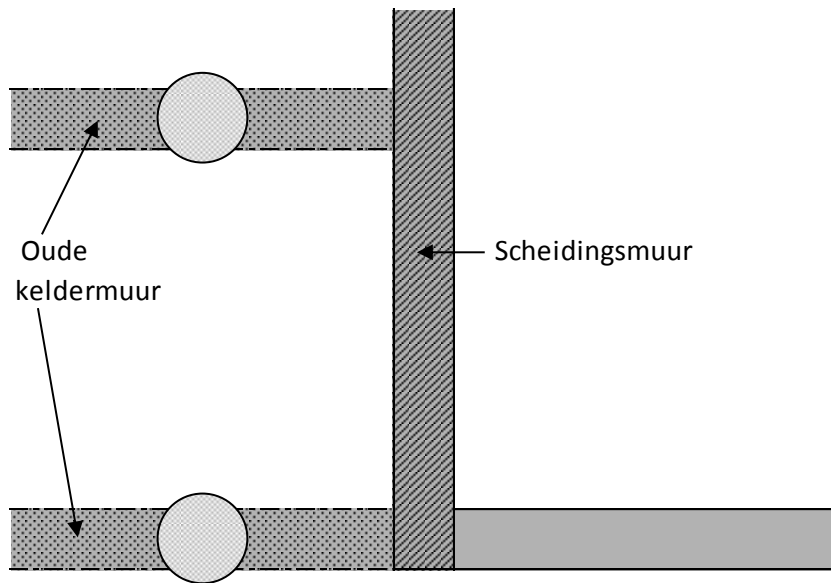
- trillingen zoveel mogelijk beperkt blijven
- de palen zover mogelijk van elkaar worden uitgevoerd
- palen altijd tot aan het werkvlak gebetonneerd worden.

Wanneer palen worden uitgevoerd langsheen autostabiele wanden moet er altijd voor gezorgd worden dat het werkvlak van waaraf de palen worden uitgevoerd min. 1m hoger gelegen is dan het te realiseren uitgravingspeil. Alleen op deze wijze kan ervoor gezorgd worden dat er zich tijdens de uitvoering van de palen geen ontoelaatbare verplaatsingen voordoen.

#### 8.2.4 Doorboren van achtergebleven funderingen en keldermuren

Bij de afbraak van bestaande gebouwen gebeurt het nogal eens dat keldermuren en oude funderingen in de grond worden achtergelaten.

De verticale kracht nodig voor het doorboren van deze keldermuren of funderingen kan zettingen van deze funderingen of muren teweegbrengen en ook van het naastgelegen gebouw indien dit nog verbonden is met deze funderingen of muren (zie figuur 26).



Figuur 26

Nodige voorzorgen zijn:

- de verticale kracht op de voerbuis zoveel mogelijk beperken;
- altijd voorzichtig zijn;
- de in de grond achtergebleven kelder muren en funderingen losmaken van het naastgelegen gebouw.

## 9 Coördinatie

Een specifiek probleem van het ontwerp en de uitvoering van beschoeiingen is dat er in het algemeen zeer veel personen / partijen bij betrokken zijn, zoals:

- bouwheer / opdrachtgever
- architect
- bouwcoördinator
- studiebureau
- controlebureau
- hoofdaannemer
- gespecialiseerde aannemers voor de afbraak- en schoringswerken, beschoeiing, grondwerken, grondwaterverlaging, grondankers, funderingspalen / trekpalen.

Normaal gezien is het de taak van de architect alle activiteiten met betrekking tot het ontwerp en de uitvoering van de bouwput te coördineren of deze coördinatie op een formele wijze aan iemand anders door te geven. De architect is immers de partij die het best op de hoogte is van wat er moet gerealiseerd worden en is ook altijd van bij het begin bij het project betrokken.

Elementen waarvoor coördinatie noodzakelijk is zijn:

- het vastleggen van het verband tussen het referentiepeil van het grondonderzoek en het referentiepeil van het te realiseren project;
- het uitvoeren van een omgevingsstudie (zie “Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek” en “Richtlijnen Bemalingen”);
- onderzoek van de naastgelegen funderingen;
- eventueel archeologisch onderzoek;
- keuze van het type beschoeiing;
- het aanbrengen van stempels of schoren tijdens afbraakwerken;
- het afgraven van grond langsheen ondiepe funderingen;
- grondwaterverlaging binnen en buiten de bouwput;
- buiten de bouwput in rekening te brengen waterpeil;
- toegelaten horizontale verplaatsingen;
- tijdstip van aanbrengen van funderingspalen / trekpalen;
- goedkeuring van de rekennota's;
- mogelijke oplichting van de bodem van de bouwput.

Duidelijke afspraken dienen gemaakt te worden betreffende de nodige coördinatie tussen de verschillende deelprojecten, activiteiten en partijen.

Voor ieder project moet er op zijn minst een plan worden opgesteld waarop alle uit te voeren activiteiten zijn aangegeven, te samen met de aan te houden fasering. Dit plan moet aan alle betrokken partijen worden voorgelegd. Op dit plan moeten in ieder geval volgende elementen worden aangegeven:

- het verband tussen het referentiepeil van het grondonderzoek en het referentiepeil van het te realiseren project;
- de bestaande situatie (funderingen van naastgelegen gebouwen, positie van zettingsgevoelige leidingen);
- de globale samenstelling van de ondergrond;



- opeenvolging van watervoerende lagen en weinig doorlatende lagen;
- de fasering van de grondwerken, met inbegrip van de grondwerken nodig voor het aanbrengen van geleidingsbalken voor secanspalenwanden en dergelijke;
- de positie van de bemalingselementen in planzicht en in doorsnede;
- de fasering van de verlaging van het grondwaterpeil;
- het aanbrengen van grondankers, stempels ...;
- de positie van de meetpunten voor de uit te voeren controles (grondwaterpeil, zettingen, horizontale verplaatsingen).

Op dit plan kunnen best ook de grenswaarden worden aangegeven van:

- de grondwaterpeilen / stijghoogtes buiten de bouwput;
- de toegelaten zettingen en horizontale verplaatsingen.

## 10 Risicoanalyse

Een belangrijk hulpmiddel om de risico's bij het ontwerp en de uitvoering van een beschoeiing te beperken bestaat in het uitvoeren van een risicoanalyse.

Een risicoanalyse heeft als doel om op een duidelijke en overzichtelijke wijze alle elementen aan te reiken die de bouwheer/opdrachtgever moeten in staat stellen om een afweging te maken tussen de besparingen die bepaalde uitvoeringswijzen met zich meebrengen en de eraan verbonden risico's.

Elementen die daarbij moeten aan bod komen, zijn de mogelijke gevolgen van:

- anomalieën in de ondergrond;
- afwijkingen van het grondwaterpeil in rust;
- een overschrijding van de normale uitvoeringstoleranties;
- een onvoldoende grondkerende functie;
- een onvoldoende waterkerende functie;
- te grote verplaatsingen van de naastgelegen constructies;
- te grote zettingen in de omgeving.

Voor al deze elementen moet worden aangegeven welke nadelige gevolgen erdoor kunnen ontstaan, welke maatregelen mogelijk zijn om de nadelige gevolgen tegen te gaan en welke impact deze gevolgen kunnen hebben op de planning en op de kostprijs.

## 11 Monitoring

Een gedetailleerd monitoringplan zou altijd deel moeten uitmaken van het ontwerp van een bouwput. Dergelijk monitoringplan moet betrekking hebben op:

- de zettingen / horizontale verplaatsingen van naastgelegen constructies
- de horizontale verplaatsing van beschoeiingen
- kracht in grondankers / stempels
- grondwaterpeilen.

De ontwerper specificereert de door de uitvoerder uit te voeren monitoring, met name :

- welke metingen uitgevoerd moeten worden, de plaats en het aantal meetpunten (eventueel de zone aangeven op plan)
- wanneer gemeten moet worden (gedurende welke periode en met welke frequentie)
- welke alarmwaarden en drempelwaarden moeten worden aangehouden

De uitgebreidheid van de monitoring zal afhankelijk zijn van de risico's verbonden aan de werken.

De algemene principes van het opvolgen van monitoring zijn als volgt:

- wanneer bij het monitoren een overschrijding van de alarmwaarde of de drempelwaarde van een opgevolgde parameter wordt vastgesteld, zal de uitvoerder de ontwerper en de opdrachtgever verwittigen.
- De drempelwaarde (ORANJE LICHT) wordt gelijk gesteld aan 2/3 van de grenswaarde, zoals vooropgesteld in de ontwerpisen en dit per type constructie.
- De alarmwaarde (ROOD LICHT) wordt gelijk gesteld aan de grenswaarde, zoals vooropgesteld in de ontwerpisen en dit per type constructie.

Bij het overschrijden van de drempelwaarde (ORANJE LICHT) neemt de ontwerper de volgende maatregelen :

- hij bepaalt de nieuwe meetfrequentie van de gemonitorde parameter,
- hij evalueert de alarmwaarde en past deze eventueel aan in functie van de specifieke constructie,
- hij definieert in overleg met de uitvoerder de maatregelen die genomen moeten worden wanneer de alarmwaarde (ROOD LICHT) overschreden wordt en legt deze voor aan de opdrachtgever.

Bij het overschrijden van de alarmwaarde (ROOD LICHT) neemt de ontwerper de volgende maatregelen :

- hij evalueert het probleem constructiespecifiek,
- hij geeft opdracht aan de uitvoerder om de maatregelen die gedefinieerd werden bij het overschrijden van de drempelwaarde en goedgekeurd werden door de opdrachtgever, uit te voeren.

Bij belangrijke projecten kan ook de optie van actieve monitoring worden toegepast, waarbij het ontwerp kan bijgestuurd worden in functie van de bekomen meetresultaten. Actieve monitoring vergt echter een zeer specifieke aanpak die ook in het bestek duidelijk moet worden beschreven.

## Referenties

BGGG, 2012. Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek : Sonderingen – Deel 1: Planning, uitvoering en rapportering. Document beschikbaar op [www.bggg-gbms.be](http://www.bggg-gbms.be)

DIN 4150-2, 1999. Erschütterungen im Bauwesen. Teil 2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.

DIN 4150-3, 1999. Erschütterungen im Bauwesen. Teil 3 Einwirkungen auf baulche Anlagen

DIN 4150-1, 2001. Erschütterungen im Bauwesen. Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen

NBN EN 12063, 1999. Execution of special geotechnical work – Sheet pile walls

NBN EN 1537, 2000. Execution of special geotechnical work – Ground anchors

NBN EN 12716, 2001. Execution of special geotechnical work – jet grouting

NBN EN 14679, 2005. Execution of special geotechnical work – Deep mixing

NBN EN 1536, 2010. Execution of special geotechnical work – Bored piles

NBN EN 1538, 2010. Execution of special geotechnical work – Diaphragm walls

SBR, 2006. Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijn. Deel B – Hinder voor personen in gebouwen;

SBR, 2006. Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijn. Deel C – storing aan apparatuur.

SBR, 2010. Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijn. Deel A – Schade aan gebouwen

Van Calster, P., De Cock, F., De Vos, M., Maertens, J. & Van Alboom, G. 2009. Richtlijnen Bemalingen. Document beschikbaar op [www.bggg-gbms.be](http://www.bggg-gbms.be)

WTCB, 2012. Infofiche 56.1 - Berlijnse wanden. Type 1 : beschottingen aanbrengen tijdens de uitgraving

WTCB, 2012. Infofiche 56.2 - Berlijnse wanden. Type 2 : beschottingen aanbrengen vóór de uitgraving

WTCB, 2012. Infofiche 56.3 - Palenwanden. Type 1 : in elkaar geplaatste palen (secanspalenwand)

WTCB, 2012. Infofiche 56.4 - Palenwanden. Type 2 : Naast elkaar geplaatste palen die elkaar raken (tangenspalenwanden)

WTCB, 2012. Infofiche 56.5 - 'Soil mix' -wanden. Type 1 : wanden opgebouwd uit kolommen

WTCB, 2012. Infofiche 56.6 ) - 'Soil mix'-wanden. Type 2 : wanden opgebouwd uit panelen

## **Bijlage A**

**WTCB - Infofiches 56.1 t.e.m. 56.6**

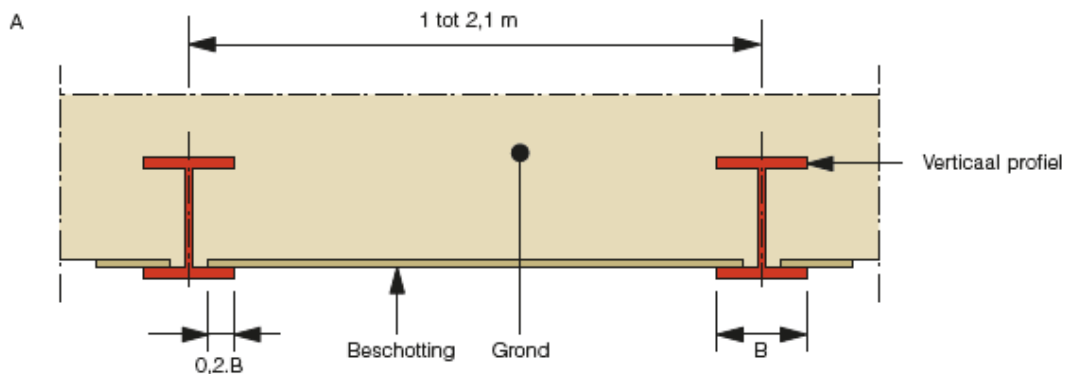
*DRAFT VERSION*

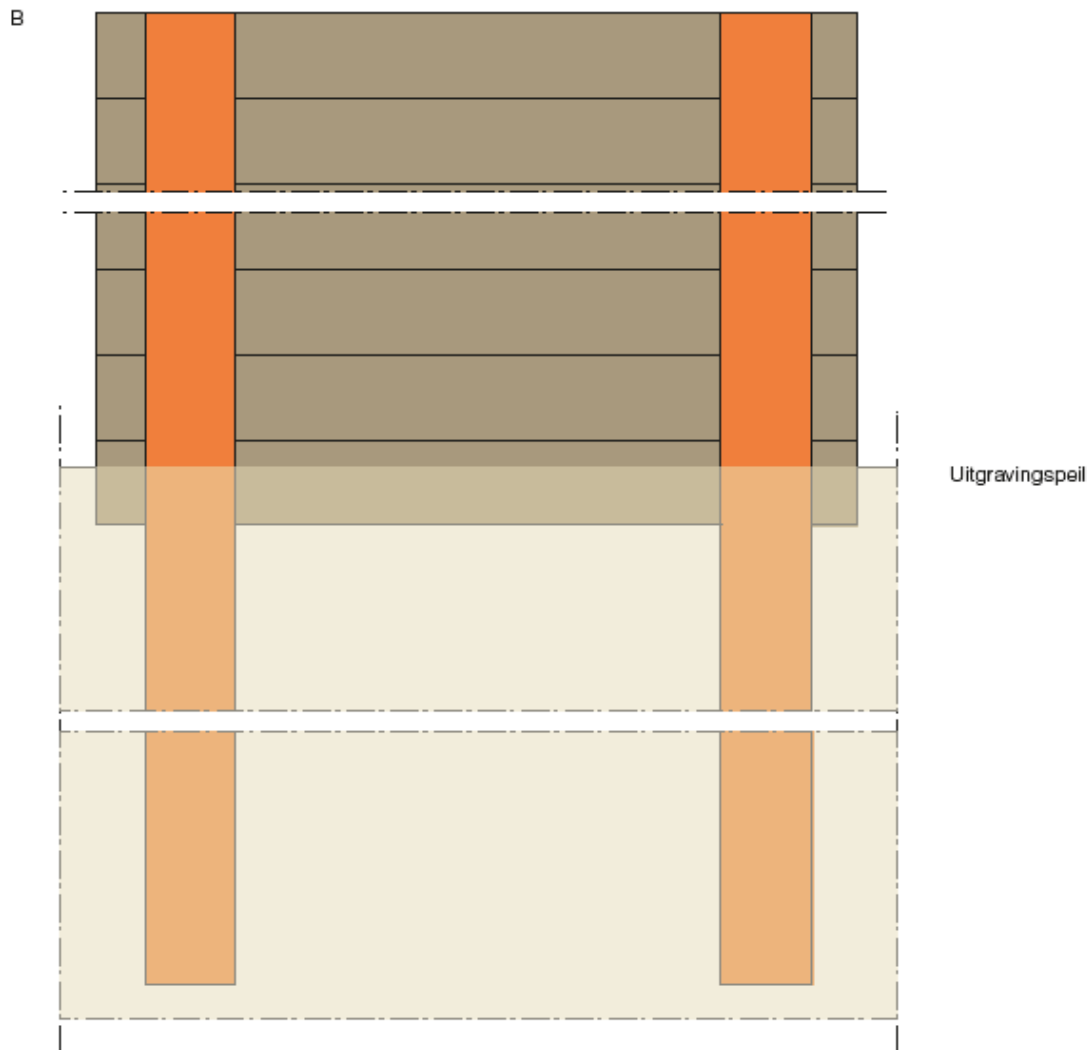


**Deze Infofiche over Berlijnse wanden van het type 1 waarbij de beschottingen tijdens de uitgraving worden aangebracht, is essentieel voor iedereen die dit type beschoeiing toepast. In deze fiche hebben we onder meer aandacht voor de uitvoering, de materialen en de afmetingen.**

## 1. Typering van het systeem

Een Berlijnse wand (type 1) is een beschoeiing die bestaat uit verticale profielen (zie afbeelding 1) die geplaatst worden vóór de aanvang van de uitgraving. De beschottingen (platen, palen, spuitbeton, ...) tussen de verticale profielen worden tijdens een lokale uitgraving telkens over een beperkte hoogte aangebracht. De gronddrukken, die door de beschottingen doorgegeven worden aan de verticale profielen, worden enerzijds gecompenseerd door de drukkrachten die uitgeoefend worden door het grondmassief onder het uitgravingspeil en anderzijds door de eventuele bijkomende horizontale ondersteuning (stempels, ankers, trekpalen, ...).





**Afb. 1 Bovenaanzicht (A) en vooraanzicht (B) van een Berlijnse wand waarbij de beschottingen aangebracht worden tijdens de uitgraving.**

## 2. Uitvoering : algemene beschrijving

De uitvoering bestaat uit verschillende fasen (zie afbeelding 2) :

1. de verticale profielen worden in de grond aangebracht door intrillen of ze worden in een vooraf gemaakt boorgat geplaatst. Deze laatste techniek wordt voornamelijk toegepast bij zeer harde grond of bij aanwezigheid van ondergrondse obstakels. Het is hierbij wel noodzakelijk om het boorgat na het plaatsen van het profiel terug op te vullen met beton (tot aan het uitgravingsniveau), cementgrout, (gestabiliseerd) zand en/of grind (zie afbeelding 3)
2. de beschotting wordt geplaatst tijdens een lokale uitgraving. Deze lokale uitgraving gebeurt in opeenvolgende horizontale lagen (0,2 tot 1 m) tot aan het installatieniveau van een eventuele horizontale ondersteuning. Na iedere afgegraven laag worden de beschottingen loodrecht tussen de verticale profielen ingeklemd
3. de gehele bouwput wordt uitgegraven tot dit niveau
4. indien nodig wordt de horizontale ondersteuning (stempels, ankers, trekpalen, ...) aangebracht
5. de beschotting wordt aangebracht onder het installatieniveau van de horizontale ondersteuning tijdens een lokale uitgraving tot aan het volgende installatieniveau van een eventuele bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke

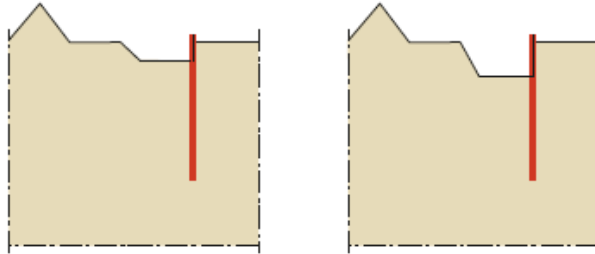


- uitgravingspeil. De beschotting dient hierbij minstens te reiken tot het diepste uitgravingspeil
- de gehele bouwput wordt verder uitgegraven tot aan het volgende installatieniveau van de bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke uitgravingspeil.

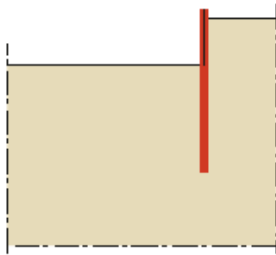
1. installatie verticale profielen



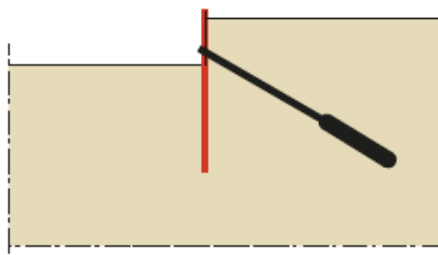
2. trapsgewijze, lokale uitgraving en plaatsing van de beschotting



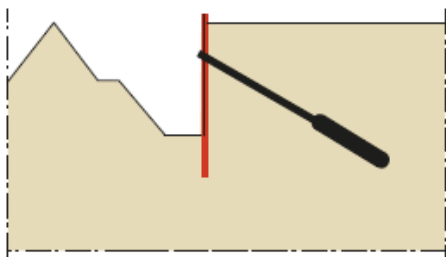
3. eerste uitgravingsfase van de gehele bouwput



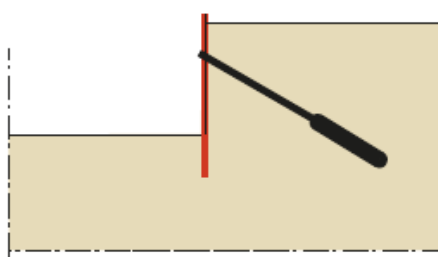
4. plaatsing van een bijkomende ondersteuning



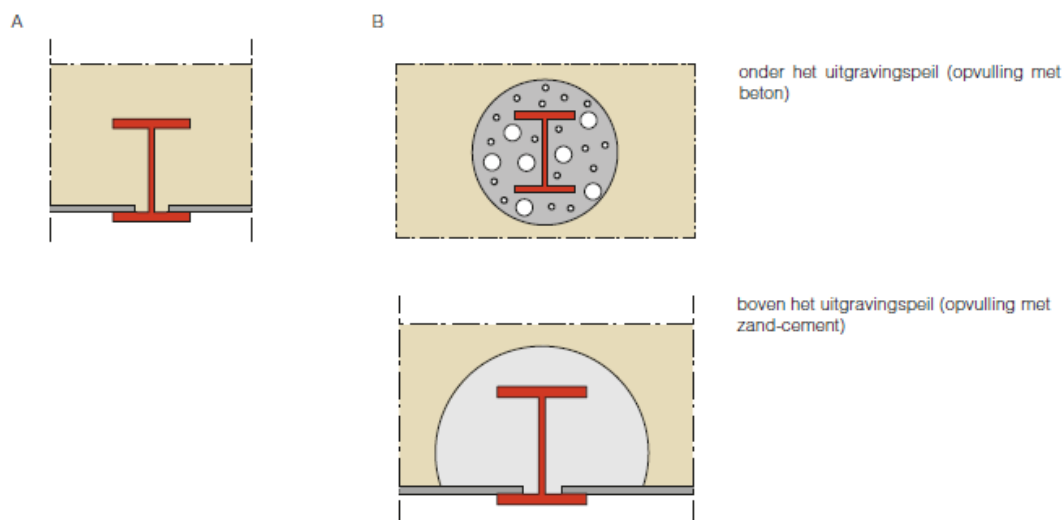
5. verdere trapsgewijze, lokale uitgraving en plaatsing van de beschotting



6. verdere uitgraving van de gehele bouwput



**Afb. 2** *Overzicht van de uitvoeringsfasen van een Berlijnse wand waarbij de beschottingen aangebracht worden tijdens de uitgraving.*

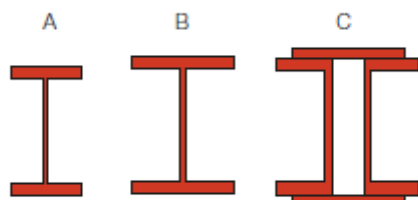


**Afb. 3 Verticaal profiel: (A) ingetrild en (B) geplaatst in een vooraf geboord boorgat.**

### 3. Materialen

De verticale profielen kunnen bestaan uit metalen profielen, meestal breedflensbalken (flensbreedte : 180 tot 300 mm) zoals IPE-, HEA-, HEB-profielen of dubbele UPN-profielen (zie afbeelding 4).

De beschottingen bestaan uit houten balken (zie ook § 8) of geprefabriceerde betonplaten (predallen). Voor beschottingen die uit staalplaten bestaan, verwijzen we naar de [Infofiche 50.2 Berlijnse wanden type 2](#).



**Afb. 4 Verticale profielen: (A) IPE-profiel, (B) HEA-profiel en (C) dubbel UPN-profiel.**

### 4. Afmetingen

Hieronder volgt een overzicht van de karakteristieke afmetingen voor Berlijnse wanden :

- de afstand tussen de verticale profielen varieert van 1 tot 2,1 m en kan in uitzonderlijke omstandigheden oplopen tot 2,6 m (zie afbeelding 1)
- de diepte van de uitgraving zonder een bijkomende horizontale ondersteuning bedraagt meestal maximaal 3 m. De diepte van een uitgraving met een bijkomende horizontale ondersteuning gaat tot maximaal 8 m diep
- de afmetingen van de beschottingselementen hangen af van het materiaal. Indien het houten balken betreft, zijn deze 5 tot 15 cm dik en 13 tot 18 cm hoog. Als de elementen uit geprefabriceerde betonplaten bestaan dan zijn deze 4 tot 6 cm dik en tot 1,1 m hoog. De lengte van de beschottingselementen wordt zo gekozen dat er een overlapping met de verticale profielen van minstens 20 % van de flensbreedte

mogelijk is met een minimum van 4 cm, rekening houdend met de toleranties aan het maaiveldniveau (zie afbeelding 1).

## 5. Draagvermogen

Een Berlijnse wand is niet ontworpen om verticale druk- of trekbelastingen op te nemen, behalve deze die ontstaan door de verticale component van de kracht die uitgeoefend wordt door inwerkende gronddrukken, en eventuele schuine ankers of trekpalen.

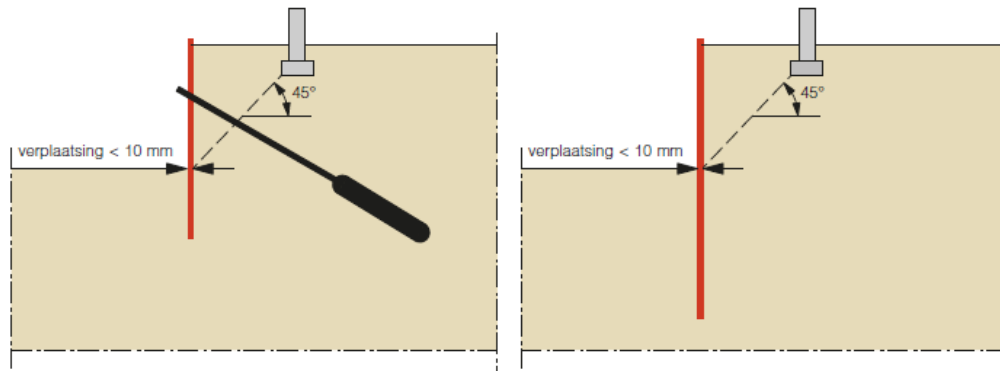
## 6. Horizontale verplaatsing

Men kan vaak – ook met een bijkomende horizontale ondersteuning – vrij grote verplaatsingen verwachten (> 20 mm aan de bovenkant van de Berlijnse wand op het maaiveldniveau).

## 7. Toepassingsgebied

Berlijnse wanden (type 1) hebben enkel een grondkerende functie en geen waterkerende functie en kunnen in de volgende omstandigheden toegepast worden :

- de techniek van de Berlijnse wanden wordt vaak aangewend voor tijdelijke, ondiepe uitgravingen (3 tot 8 m)
- de techniek is enkel toepasbaar als de grond een zekere (eventueel slechts tijdelijke) cohesie heeft. Deze dient de tijdelijke stabiliteit van de verticale uitgraving over een minimale hoogte (0,2 tot 1 m) en over een minimale tijdspanne te verzekeren teneinde het plaatsen van de beschotting mogelijk te maken
- de techniek is niet toepasbaar in de nabijheid van ondiepe funderingen of zettingsgevoelige constructies, wegens de grote optredende vervormingen die zich kunnen voordoen bij dit type beschoeiing. Meestal wordt als minimale afstand een helling van 45° genomen tot aan het uitgravingspeil (zie afbeelding 5). Deze vuistregel is enkel toepasbaar indien de verplaatsing van de wand ter hoogte van het uitgravingspeil beperkt is tot 10 mm
- de grondwatertafel dient zich steeds minstens 0,5 m onder het uitgravingspeil te bevinden. Bij een ondergrond die uit meerdere lagen van verschillende aard bestaat (gelaagd), dienen de nodige maatregelen getroffen te worden om hangende grondwatertafels te voorkomen
- de wand kan eventueel gebruikt worden als buitenbekisting voor een definitieve kelderwand
- Berlijnse wanden zonder horizontale ondersteuning (ankers, stempels, trekpalen, ...) worden alleen gebruikt indien er geen kritische eisen worden gesteld met betrekking tot de horizontale verplaatsing van de wand.



**Afb. 5 Bepaling van de minimale afstand tussen een Berlijnse wand en een fundering.**


## 8. Speciale aandachtspunten

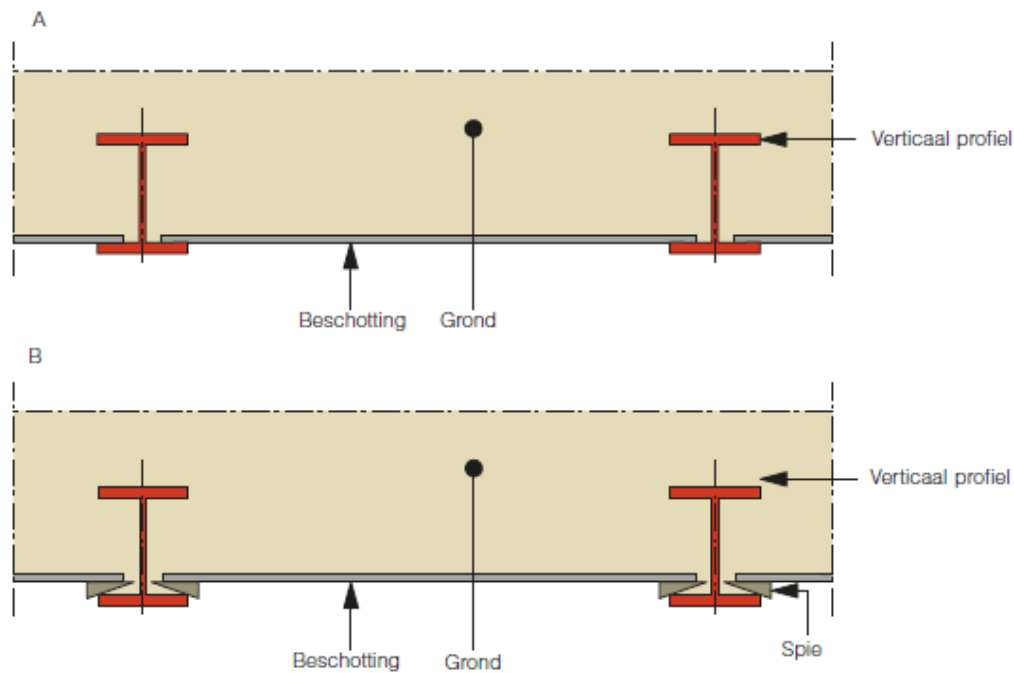
### 8.1 Bij de berekening

- bij de berekening van de actieve en passieve gronddrukken wordt er rekening gehouden met het discontinue karakter van de wand onder het uitgravingspeil
- de structurele stabiliteit van de beschotting wordt tevens gecontroleerd. Hierbij kan rekening gehouden worden met het gunstige effect van de gewelfwerking in de grond die het mogelijk maakt een deel van de grondrukken over te dragen naar de verticale profielen.

### 8.2 Bij de uitvoering

- indien de profielen worden ingetrild of geheid binnen 20 m afstand van trillingsgevoelige gebouwen, installaties of leidingen, dient er in het bestek opgenomen te zijn of trillingsmetingen (NBN B 03-003) vereist zijn
- de uitvoerder moet er zich van vergewissen dat de beschotting een goed contact maakt met de achterliggende grond. Indien nodig kunnen er spieën gebruikt worden om de beschotting tegen de grond te klemmen (zie afbeelding 6). Eventuele holten dienen opgevuld te worden met gestabiliseerd zand of cementspecie
- Berlijnse wanden zijn typische tijdelijke grondkerende constructies. Men dient echter ook rekening te houden met de gevolgen die op lange termijn kunnen optreden bij een achtergebleven houten beschotting
- na een eventuele recuperatie van profielen en beschottingen dienen de holten opgevuld te worden. De recuperatie van profielen wordt uitgevoerd door middel van uittrillen op een hoge frequentie
- de reactiekrachten van de horizontale ondersteuning (stempels, ankers, trekpalen, ...) worden aan de profielen overgedragen via gordingen van profiel tot profiel, of via een ankerplaat op twee kortbij gelegen profielen of op een dubbelprofiel
- de Berlijnse wand dient zo kort mogelijk als grondkering te fungeren
- de uitvoering van de lokale uitgraving (zie stap 2 en 5 in afbeelding 2) dient in overeenstemming te zijn met de veiligheidsvoorschriften (ARAB).

 NBN B 03 003 Vervormingen van draagsystemen. Vervormingsgrenswaarden. Gebouwen. Brussel, Bureau voor Normalisatie, 2003.



**Afb. 6 Bovenaanzicht van Berlijnse wanden waarbij de beschottingen aangebracht worden tijdens de uitgraving: (A) zonder spie en (B) met spie.**

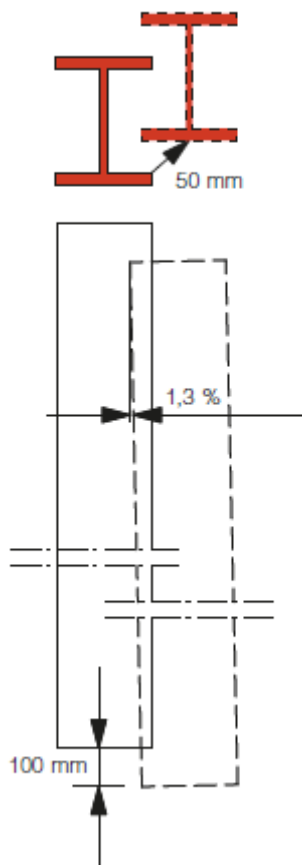
## 9. Varianten

De beschotting kan tussen de profielen en de achterliggende grond geplaatst worden om aldus ruimte uit te sparen voor de ondergrondse constructie.

## 10. Kwaliteitszorg

Toleranties met betrekking tot de positionering (zie afbeelding 7):

- de nauwkeurigheid van de horizontale positie van de verticale profielen bedraagt (aan het maaiveld) 50 mm
- de nauwkeurigheid van de verticale positie van de verticale profielen bedraagt  $\pm 100$  mm (peil aan de onderkant van de profielen)
- de nauwkeurigheid van de helling van de verticale profielen bedraagt 1,3 %
- de nauwkeurigheid van de positionering van de verticale profielen is voldoende om een juiste plaatsing van de beschotting te garanderen
- strengere toleranties kunnen in het bestek opgenomen worden (bv. om esthetische redenen of wegens ruimtebesparing). De uitvoerder zal hiervoor bijkomende aandacht voor de nauwkeurigheid van de installatie aan de dag moeten leggen
- in het bestek dient men rekening te houden met de toleranties bij de bepaling van de ligging van ondergrondse constructies en eventuele meerkosten ten gevolge van een positionering binnen de toleranties (bv. meerverbruik beton).



**Afb. 7 Toleranties voor de positionering van de verticale profielen van een Berlijnse wand.**

**11. Link naar de bouwproductendatabank [Techcom](#)**

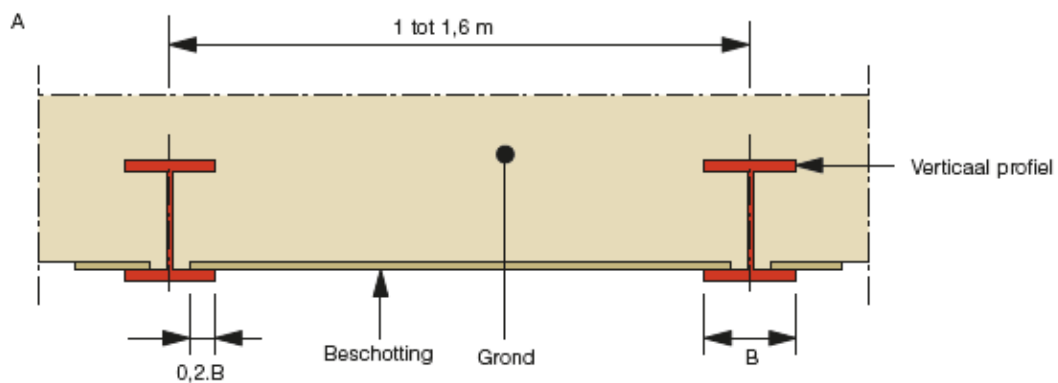
N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek', WTCB  
 P. Ganne, dr. ir. (ex-WTCB)

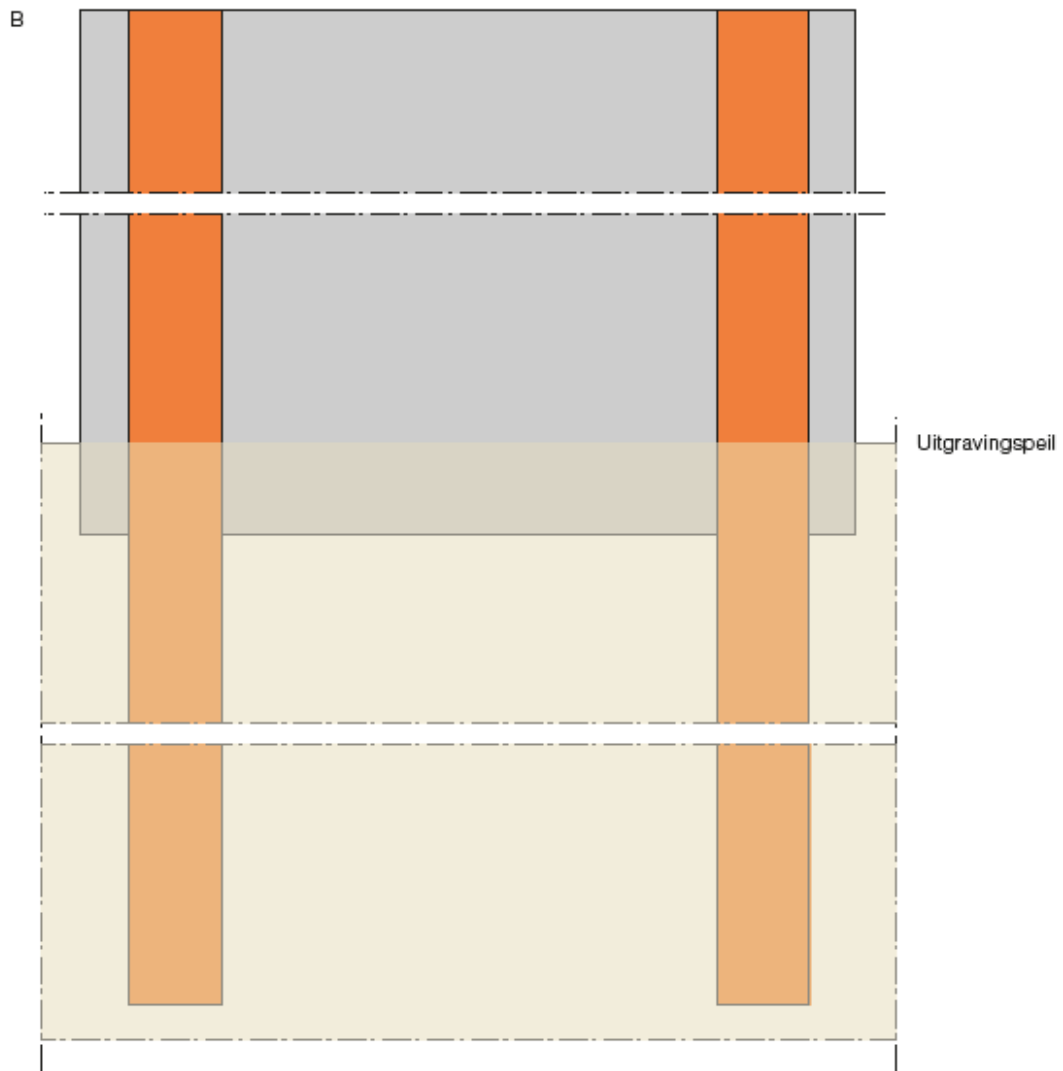
*De Infofiche werd opgesteld in nauwe samenwerking met ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken) en de WTCB-werkgroepen 'Beschoeiingen' en 'Stuurgroep TIS-SFT' (TIS = Thematische Innovatiestimulering / SFT = Speciale FunderingsTechnieken).*

**Deze Infofiche over Berlijnse wanden van het type 2 waarbij de beschottingen vóór de uitgraving worden aangebracht, is essentieel voor iedereen die dit type beschoeiing toepast. In deze fiche hebben we onder meer aandacht voor de uitvoering, de materialen en de afmetingen.**

## 1. Typering van het systeem

Een Berlijnse wand (type 2) is een beschoeiing bestaande uit verticale profielen (zie afbeelding 1) en een beschotting, die beide geplaatst worden vóór de aanvang van de uitgraving. De gronddrukken, die door de beschottingen doorgegeven worden aan de verticale profielen, worden enerzijds gecompenseerd door de drukkrachten die uitgeoefend worden door het grondmassief onder het uitgravingspeil en anderzijds door de eventuele bijkomende horizontale ondersteuning (stempels, ankers, trekpalen, ...).





**Afb. 1 Bovenaanzicht (A) en vooraanzicht (B) van een Berlijnse wand waarbij de beschotting aangebracht wordt vóór de uitgraving.**

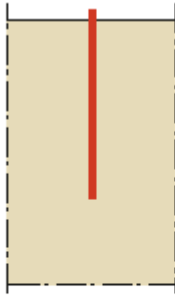
## 2. Uitvoering : algemene beschrijving

De uitvoering bestaat uit verschillende fasen (zie afbeelding 2) :

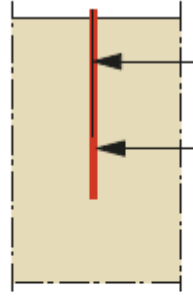
1. de verticale profielen worden in de grond aangebracht door intrillen of ze worden in een vooraf gemaakt boorgat geplaatst
2. de staalplaten worden als beschotting ingetrild tot minstens 20 cm onder het uitgravingspeil. De staalplaten worden ingetrild tegen de flens aan de binnen- of buitenzijde van de bouwput (zie afbeelding 3)
3. de bouwput wordt vervolgens in zijn geheel uitgegraven tot het installatieniveau van een eventuele horizontale ondersteuning
4. indien nodig wordt de horizontale ondersteuning (stempels, ankers, trekpalen, ...) aangebracht
5. de gehele bouwput wordt ten slotte verder uitgegraven tot aan het volgende installatieniveau van een eventuele bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke uitgravingspeil.



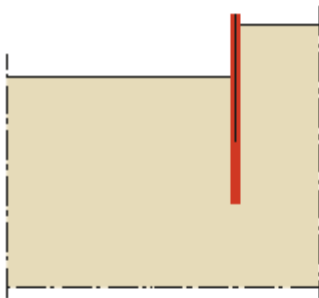
1. installatie verticale profielen



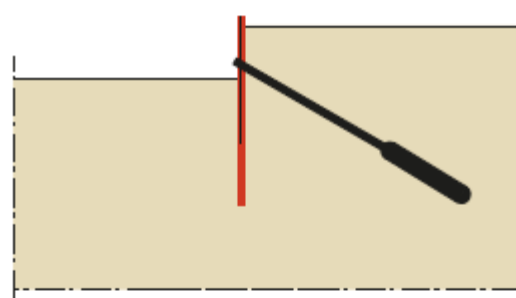
2. installatie beschotting



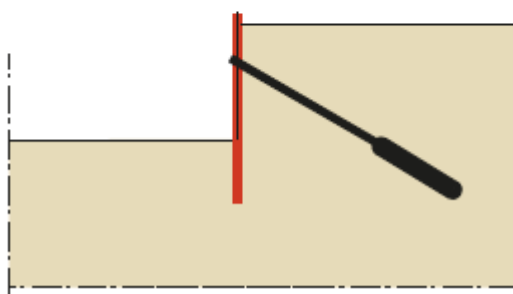
3. eerste uitgravingsfase van de gehele bouwput



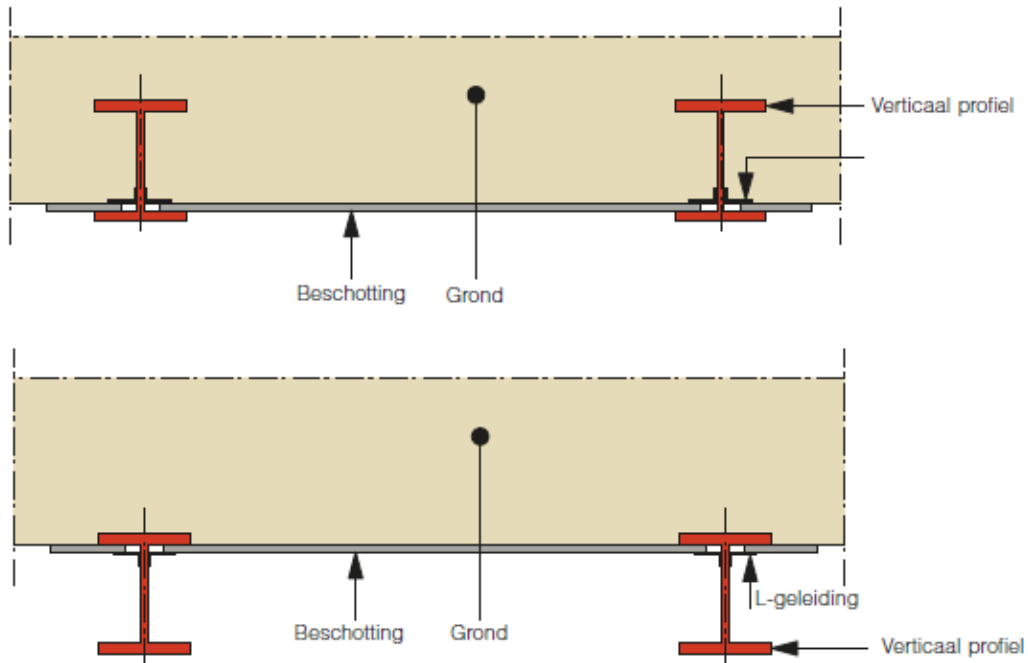
4. plaatsing van een bijkomende ondersteuning



5. verdere uitgraving van de gehele bouwput



**Afb. 2** Overzicht van de uitvoeringsfasen van een Berlijnse wand waarbij de beschotting aangebracht wordt vóór de uitgraving.



**Afb. 3 Bovenaanzicht van twee uitvoeringsmethoden van een Berlijnse wand waarbij de beschotting aangebracht wordt vóór de uitgraving.**

### 3. Materialen

De verticale profielen kunnen bestaan uit metalen profielen, meestal breedflensbalken (flensbreedte : 180 tot 300 mm) zoals IPE-, HEA-, HEB-profielen of dubbele UPN-profielen. Ze worden voorzien van een L-profiel als geleiding van de staalplaten tijdens het intrillen.

De beschottingen bestaan uit staalplaten.

### 4. Afmetingen

Hieronder volgt een overzicht van de karakteristieke afmetingen voor Berlijnse wanden :

- de afstand tussen de verticale profielen bedraagt meestal 1 tot 1,6 m (zie afbeelding 1)
- de diepte van de uitgraving zonder een bijkomende horizontale ondersteuning bedraagt meestal maximaal 3 m. De diepte van een uitgraving met een bijkomende horizontale ondersteuning bedraagt maximaal 6 m
- de beschottingselementen uit staalplaten kunnen tot 15 mm dik en tot 6 m hoog zijn. De lengte van de beschottingselementen wordt zo gekozen dat er een overlapping met de verticale profielen van minstens 20 % van de flensbreedte mogelijk is met een minimum van 4 cm, rekening houdend met de toleranties aan het maaiveldniveau (zie afbeelding 1).

### 5. Draagvermogen

Een Berlijnse wand is niet ontworpen om verticale druk- of trekbelastingen op te nemen, behalve deze die ontstaan door de verticale component van de kracht die uitgeoefend wordt door de inwerkende grondrukken, en eventuele schuine ankers of trekpalen.

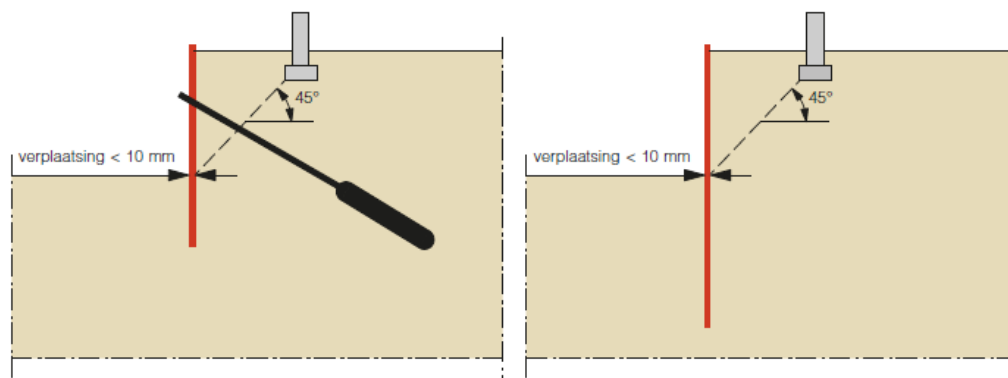
## 6. Horizontale verplaatsing

Men kan zich vaak (ook met een bijkomende ondersteuning) verwachten aan vrij grote verplaatsingen (> 20 mm aan de bovenkant van de Berlijnse wand op het maaiveldniveau).

## 7. Toepassingsgebied

Berlijnse wanden hebben enkel een grondkerende functie en geen waterkerende functie en kunnen in de volgende omstandigheden toegepast worden :

- de techniek wordt regelmatig toegepast bij tijdelijke ondiepe uitgravingen (3 tot 6 m)
- de techniek is niet toepasbaar in de nabijheid van ondiepe funderingen of zettingsgevoelige constructies, wegens de grote optredende vervormingen die zich kunnen voordoen bij dit type beschoeiing. Meestal wordt er als minimale afstand een helling van 45° tot aan het uitgravingspeil genomen (zie afbeelding 4). Deze vuistregel is enkel toepasbaar indien de verplaatsing van de wand ter hoogte van het uitgravingspeil beperkt is tot 10 mm
- de grondwatertafel dient zich steeds minstens 0,5 m onder het uitgravingspeil te bevinden. Bij een ondergrond die uit meerdere lagen van verschillende aard bestaat (gelaagd), dienen de nodige maatregelen getroffen te worden om hangende grondwatertafels te voorkomen
- de wand kan eventueel gebruikt worden als buitenbekisting voor een definitieve kelderwand
- Berlijnse wanden zonder horizontale ondersteuning (ankers, stempels, trekpalen, ...) worden alleen gebruikt indien er geen kritische eisen worden gesteld met betrekking tot de horizontale verplaatsing van de wand.



Afb. 4 Bepaling van de minimale afstand tussen een Berlijnse wand en een fundering.

## 8. Speciale aandachtspunten

### 8.1 Voor de berekening

- de actieve en passieve gronddrukken worden berekend. Hierbij wordt er rekening gehouden met het discontinue karakter van de wand onder het uitgravingspeil
- de structurele stabiliteit van de beschotting wordt tevens gecontroleerd. Hierbij kan worden gerekend met het gunstige effect van de gewelfwerking in de grond naar de verticale profielen.

## 8.2 Voor de uitvoering

- indien de profielen en staalplaten worden ingetrild binnen 20 m afstand van trillingsgevoelige gebouwen, installaties of leidingen, dient er in het bestek opgenomen te zijn of trillingsmetingen (NBN B 03-003) vereist zijn
- na een eventuele recuperatie van profielen en beschottingen dienen de holten te worden opgevuld. De recuperatie wordt uitgevoerd door middel van uittrillen op een hoge frequentie
- de reactiekrachten van de horizontale ondersteuning (stempels, ankers, trekpalen, ...) worden aan de profielen overgedragen via gordingen van profiel tot profiel of via een ankerplaat op twee kortbij gelegen profielen of op een dubbelprofiel
- de Berlijnse wand dient zo kort mogelijk als grondkering te fungeren.

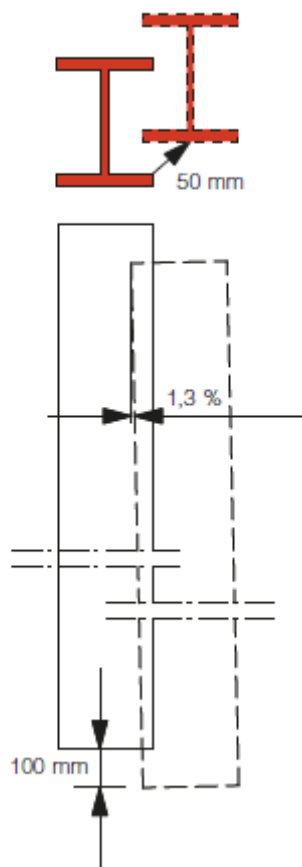
## 9. Varianten

De beschotting kan tevens bestaan uit prefab-betonplaten. Het inbrengen van de beschotting bij deze variant gebeurt meestal in combinatie met spuiten of lansen.

## 10. Kwaliteitszorg

Toleranties met betrekking tot de positionering (zie afbeelding 5) :

- de nauwkeurigheid van de horizontale positie van de verticale profielen bedraagt (aan het maaiveld) 50 mm
- de nauwkeurigheid van de verticale positie van de verticale profielen bedraagt  $\pm 100$  mm (peil aan de onderkant van de profielen)
- de nauwkeurigheid van de helling van de verticale profielen bedraagt 1,3 %
- de nauwkeurigheid van de positionering van de verticale profielen is voldoende om een juiste plaatsing van de beschotting te garanderen
- strengere toleranties kunnen in het bestek opgenomen worden (bv. om esthetische redenen of wegens ruimtebesparing). De uitvoerder zal hiervoor bijkomende aandacht voor de nauwkeurigheid van de installatie aan de dag moeten leggen
- het bestek dient met de toleranties rekening te houden bij de bepaling van de ligging van ondergrondse constructies en eventuele meerkosten ten gevolge van een positionering binnen de toleranties (bv. meerverbruik beton).



**Afb. 5 Toleranties van de positionering van de verticale profielen van een Berlijnse wand.**

**11. Link naar de bouwproductendatabank [Techcom](#)**

N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek', WTCB  
P. Ganne, dr. ir. (ex-WTCB)

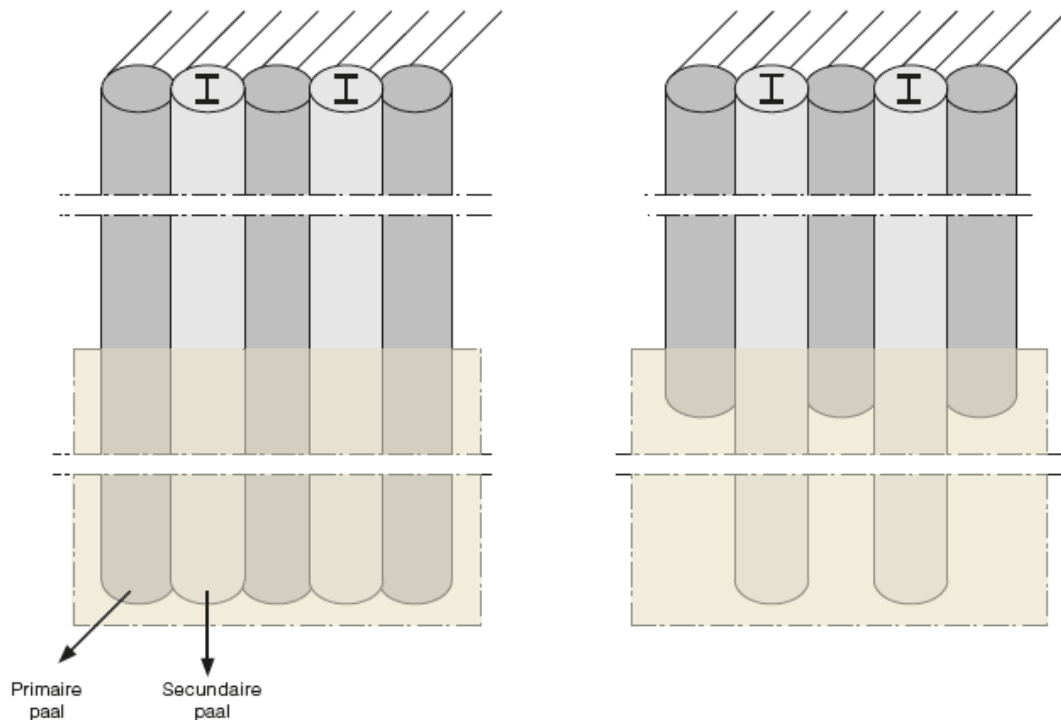
*De Infofiche werd opgesteld in nauwe samenwerking met ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken) en de WTCB-werkgroepen 'Beschoeiingen' en 'Stuurgroep TIS-SFT' (TIS = Thematische Innovatiestimulering / SFT = Speciale FunderingsTechnieken).*



**Deze Infofiche over palenwanden van het type 1 waarbij de palen in elkaar geplaatst worden, is essentieel voor iedereen die dit type beschoeiing toepast. Deze wand wordt tevens een secanspalenwand genoemd. In deze fiche hebben we onder meer aandacht voor de uitvoering, de technieken en de afmetingen.**

### 1. Typering van het systeem

Door primaire en secundaire palen snijdend in elkaar uitvoeren, is het mogelijk om een beschoeiing te vormen. De wand die aldus ontstaat, wordt een secanspalenwand genoemd (zie afbeelding 1). Bij dit systeem kan men er ook voor kiezen om de primaire palen minder diep uit te voeren dan de secundaire palen (gestaffelde palenwand).



**Afb. 1 Een klassieke secanspalenwand (links) en een gestaffelde secanspalenwand (rechts).**

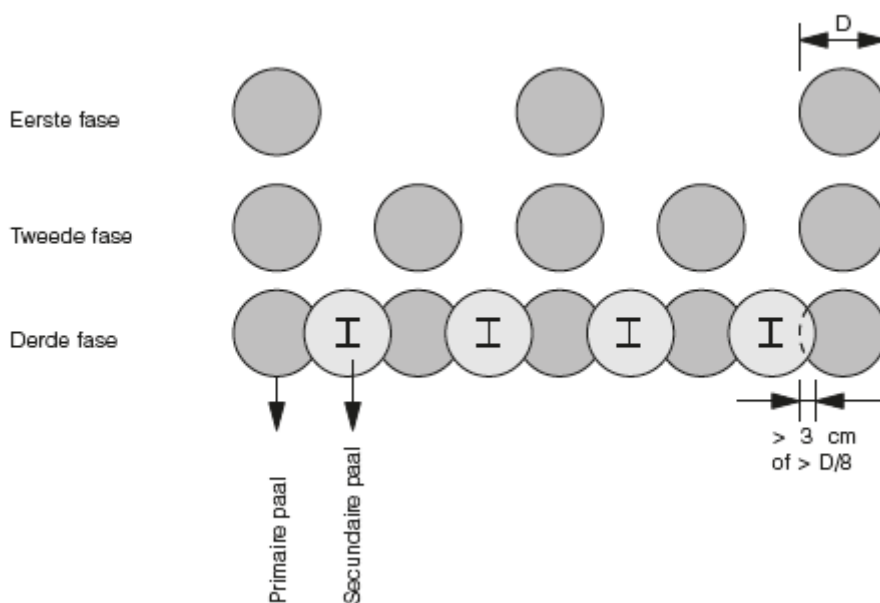
### 2. Uitvoering: algemene beschrijving

Bij de secanspalenwand wordt vooraf steeds een betonnen geleidingsbalk aangebracht die de posities van de palen aanduidt en die voor geleiding zorgt tijdens het boorproces.

De uitvoering bestaat uit verschillende fasen :

- in een eerste fase wordt een eerste reeks primaire ongewapende palen aangebracht op posities 1 – 5 – 9 – 13 – ...
- in een tweede fase wordt een tweede reeks primaire ongewapende palen aangebracht op posities 3 – 7 – 11 – ...

- in een derde fase worden de secundaire palen in gewapend beton op posities 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – ... aangebracht. Hierbij worden de primaire palen gedeeltelijk weggeboord (zie afbeelding 2). Indien de palenwand in de nabijheid van zettingsgevoelige constructies wordt geïnstalleerd, worden ook de secundaire palen in twee fasen aangebracht : 2 – 6 – 10 – ... en vervolgens 4 – 8 – 12 – ....
- de bouwput wordt vervolgens uitgegraven tot het installatieniveau van een eventuele horizontale ondersteuning
- indien nodig wordt de horizontale ondersteuning (ankers, trekpalen, stempels, ...) aangebracht. De ankers of trekpalen worden geplaatst ter hoogte van de oversnijding van een primaire met een secundaire paal
- de bouwput wordt verder uitgegraven tot aan het volgende installatieniveau van een eventuele bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke uitgravingspeil.



**Afb. 2 Bovenaanzicht van de uitvoering van een secanspalenwand.**

### 3. Technieken

Voor het uitvoeren van de palen kunnen er in België verschillende technieken gebruikt worden :

- uitvoering met een avegaar met een tijdelijke voerbuis
- uitvoering met boorpalen die vervaardigd zijn met een tijdelijke voerbuis
- uitvoering met boorpalen die vervaardigd zijn onder bescherming van een steunvloeistof (enkel voor primaire palen).

De palen bestaan steeds uit ter plaatse gestort beton en één paal op twee is gewapend met een profiel of een wapeningskorf.

### 4. Afmetingen

De voor deze wanden gebruikte palen hebben dezelfde afmetingen als de alleenstaande palen die volgens dezelfde techniek worden uitgevoerd (NBN EN 1536) [2]. De typische



diameter voor verbuisde avegapalen varieert van 0,4 tot 0,7 m en voor boorpalen van 0,6 tot 1,5 m.

De overlapping tussen de palen in een secanspalenwand bedraagt minstens 3 cm aan het maaiveld. Indien de palenwand wordt toegepast als een silostructuur en/of met een waterremmende functie, bedraagt de overlapping minstens 1/8 van de paaldiameter (zie afbeelding 2). Hierbij dient rekening gehouden te worden met de plaatsingstoleranties.

## 5. Draagvermogen

Een palenwand heeft een belangrijk verticaal draagvermogen (zie het [WTCB-rapport nr. 12 'Richtlijnen voor de toepassing van Eurocode 7 in België'](#) [5]). Bij de berekening hiervan dienen de vormfactor (secanspalenwand), het groepseffect (gestaffelde palenwand) en de invloed van de uitgraving in rekening gebracht te worden.

## 6. Horizontale verplaatsing

Omwille van de stijfheid van een palenwand is in vergelijkbare omstandigheden de vervorming kleiner dan bij een Berlijnse wand (zie [Infofiche 56.1](#) en [56.2](#)) of een damwand.

## 7. Toepassingsgebied

Secanspalenwanden kunnen de volgende functies bezitten :

- secanspalenwanden hebben, zowel tijdelijk als permanent, een grondkerende en dragende functie
- secanspalenwanden kunnen tevens een tijdelijke waterremmende functie hebben. Voor een permanente waterkerende functie zijn bijkomende voorzieningen noodzakelijk. De risico's door afwijkingen bij de installatie van de palen op de waterdichtheid van de palenwand dienen voorafgaandelijk beoordeeld te worden. Eventuele lekken dienen onmiddellijk behandeld te worden.

Bij de toepassing van secanspalenwanden dienen de volgende aandachtspunten in acht genomen te worden :

- deze techniek wordt vaak toegepast voor keringen van grotere diepte (tot 14 m) en naast bestaande gebouwen
- bij de uitvoering van een secanspalenwand treden er geen trillingen op
- eventuele ondergrondse obstakels veroorzaken meestal geen grote problemen, maar kunnen een ongunstige invloed hebben op de toleranties van de wand
- de installatie van een palenwand bij aanwezigheid van grondwater is mogelijk zonder een voorafgaande verlaging van de grondwatertafel. Bij aanwezigheid van belangrijke grondwaterstromingen moet het risico op het uitwassen van het beton bestudeerd worden.

## 8. Speciale aandachtspunten

### 8.1 Bij de berekening

- het principe van het grondmechanisch ontwerp komt overeen met dat van diepwanden
- indien er profielen als wapening worden gebruikt, kan er bij de berekening van het maximale breukmoment rekening worden gehouden met de staal-betoninteractie (NBN EN 1994-1-1) [4]
- voor de bepaling van de buigstijfheid van de wand moet er rekening worden gehouden met een gereduceerde doorsnede van de palenwand. Daarenboven dient

men bij de buigstijfheid van een gestaffelde secanspalenwand rekening te houden met het discontinue karakter onder het uitgravingsniveau

- bij permanente toepassingen dient er rekening gehouden te worden met de duurzaamheid van de wanden (NBN EN 1992-1-1 [3], NBN EN 206-1 [1] en NBN EN 1536 [2])
- de zettingen van naburige constructies ten gevolge van de uitvoering (bv. grondontspanning, gewicht machines, ...) dienen gecontroleerd te worden
- indien de palenwand als een silostructuur wordt uitgevoerd, mag er op het ringeffect gerekend worden tot een maximale diepte van 100 maal de overlapping van de palen.

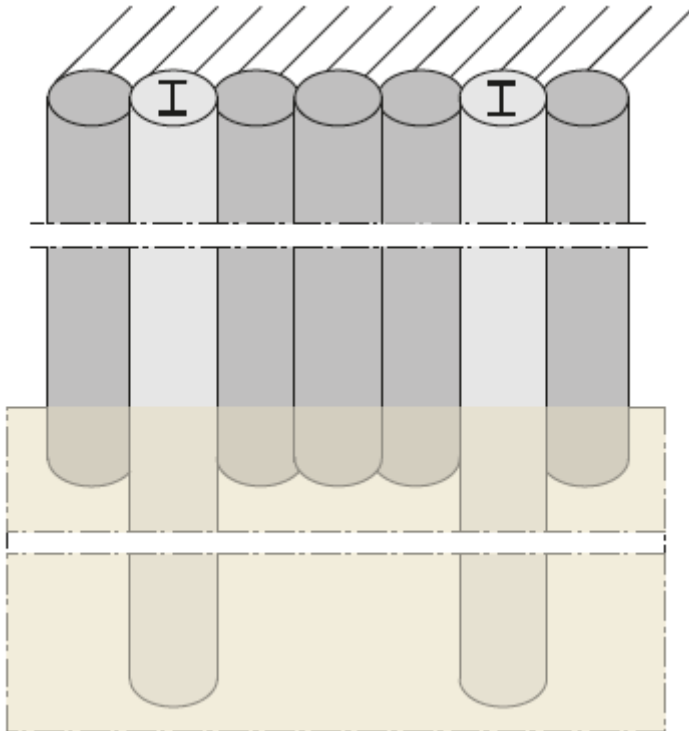
## 8.2 Bij de uitvoering

- er dient minstens 4 uur te verlopen tussen de uitvoering van de eerste reeks primaire palen (fase 1) en de tweede reeks primaire palen (fase 2) (zie afbeelding 1)
- bij de installatie van een secanspalenwand gebeurt de uitvoering van de secundaire palen zo snel mogelijk na de uitvoering van de primaire palen. Toch is het noodzakelijk dat men ten minste 8 uur wacht alvorens te starten met de installatie van de secundaire palen. Indien men te lang wacht (3 of 4 dagen) loopt men het risico dat de installatie ervan moeilijker zal verlopen. Afhankelijk van de grondkarakteristieken kan een andere fasering noodzakelijk zijn
- tussen het aanbrengen van de palen en de uitgraving dient voldoende tijd te verlopen zodat het beton de minimale vereiste druksterkte en stijfheid kan bereiken (i)
- de overdracht van de krachten van de bijkomende ondersteuning op de wand gebeurt met behulp van gordingen. Een lokale krachtsoverdracht met bv. een ankerplaat is in bepaalde gevallen tevens mogelijk indien de structurele stabiliteit van de wand wordt gevrijwaard
- de wapening dient geïnstalleerd te worden over de volle hoogte van de palen. Hiervan mag worden afgeweken indien er geen trek voorkomt in de palen (NBN EN 1536) [2]
- indien er profielen als wapening gebruikt worden in de secundaire palen, kan een gabariet toegepast worden om de nauwkeurigheid van de positie van de profielen te verbeteren.

(i) De praktijk wijst uit dat het vaak noodzakelijk is om ten minste 10 dagen te voorzien tussen de uitvoering van de palenwand en de uitgraving.

## 9. Varianten

Als variant op de gestaffelde palenwand is het soms mogelijk om meerdere palen korter uit te voeren tussen twee langere secundaire palen. Dergelijke wanden dienen voor wat betreft het toepassingsgebied en de berekening aanzien te worden als Berlijnse wanden (zie afbeelding 3).



**Afb. 3** *Overzicht van de uitvoering van een gestaffelde secanspalenwand waarbij er meerdere palen korter uitgevoerd worden tussen twee langere secundaire palen.*

## 10. Kwaliteitszorg

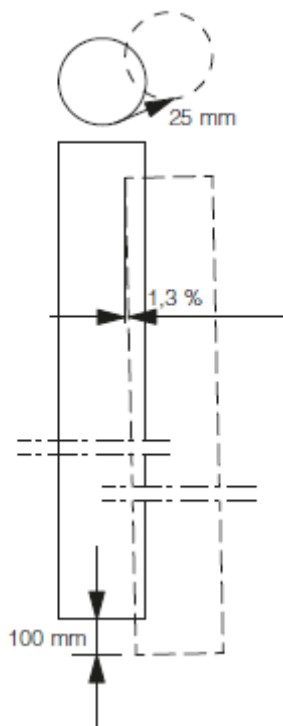
Toleranties met betrekking tot de positionering (zie afbeelding 4) van een secanspalenwand :

- de nauwkeurigheid van de horizontale positie van de palen (aan het maaiveld) bedraagt 25 mm
- de nauwkeurigheid van de verticale positie van de palen bedraagt  $\pm 100$  mm (peil aan de onderkant van de palen)
- de nauwkeurigheid van de helling van de palen bedraagt 1,3 %.

Er wordt een bijkomende tolerantie toegelaten van 100 mm voor lokale uitstulpingen op de palen. In specifieke omstandigheden (bv. bij aanwezigheid van lokale holten, van grote harde stenen in de grond of in slappe lagen) zijn grotere uitstulpingen onvermijdelijk.

Het bestek dient met de toleranties rekening te houden bij de bepaling van de inplanting van ondergrondse constructies en met eventuele meerkosten ten gevolge van een positionering binnen de toleranties (bv. afkappen van de palen).

Indien gewenst, kan het bestek striktere toleranties eisen. Zo wordt voor een secanspalenwand die toegepast wordt als een silostructuur en/of met een waterremmende functie vaak een hellingsnauwkeurigheid van 0,5 % geëist.



**Afb. 4 Toleranties voor de positionering van de palen van een secanspalenwand.**

## 11. Link naar de bouwproductendatabank [Techcom](#)

### Literatuurlijst

1. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 206-1 Beton. Deel 1 : Specificaties, vervaardiging en conformiteit. Brussel, NBN, 2001.
2. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 1536 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk. Boorpalen. Brussel, NBN, 2010.
3. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 1992-1-1 Eurocode 2 : Ontwerp en berekening van betonconstructies -  
Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen
4. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 1994-1-1 Eurocode 4. Ontwerp van gemengde staal-betondraagsystemen.  
Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen samen met Belgische  
toepassingsrichtlijn (gehomologeerde versie + NTD). Brussel, NBN, 2001.
5. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Richtlijnen voor de toepassing van Eurocode 7 in België. Deel 1 : het grondmechanisch  
ontwerp in de uiterste grenstoestand van axiaal op druk belaste funderingspalen. (Rapport  
nr. 12, 2009).

N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek', WTCB  
P. Ganne, dr. ir. (ex-WTCB)

*De Infofiche werd opgesteld in nauwe samenwerking met ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken) en de WTCB-werkgroepen 'Beschoeiingen' en 'Stuurgroep TIS-SFT' (TIS = Thematische Innovatiestimulering / SFT = Speciale FunderingsTechnieken).*





## Infofiche 56.4

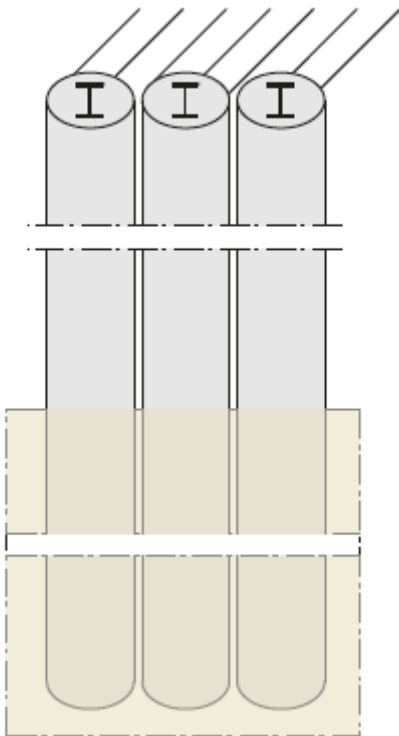
Palenwanden. Type 2 : Naast elkaar geplaatste palen die elkaar raken  
(tangenspalenwanden)

Verschenen : juli 2012

**Deze Infofiche over palenwanden van het type 2 waarbij de palen naast elkaar worden geplaatst en elkaar raken, is essentieel voor iedereen die dit type beschoeiing toepast. Deze wand wordt tevens een tangenspalenwand genoemd. In deze fiche hebben we onder meer aandacht voor de uitvoering, de technieken en de afmetingen.**

### 1. Typering van het systeem

Door palen naast elkaar uit te voeren, is het mogelijk om een wand te vormen die dienstdoet als beschoeiing (zie afbeelding 1).



**Afb. 1 Tangenspalenwand.**

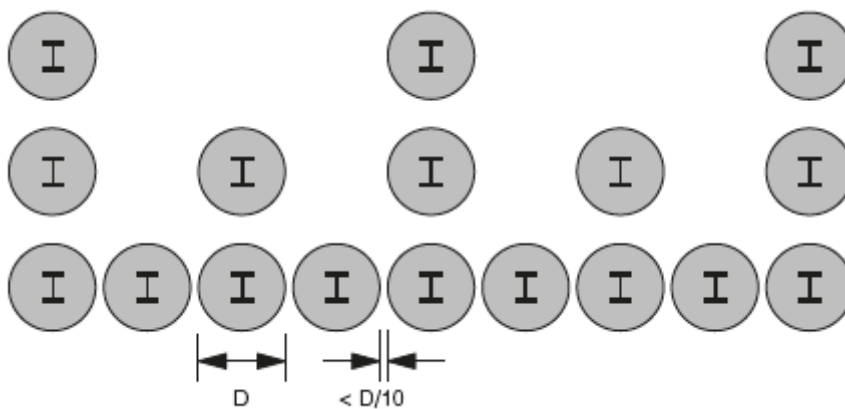
### 2. Uitvoering : algemene beschrijving

Bij een tangenspalenwand wordt meestal vooraf een betonnen geleidingsbalk aangebracht die de posities van de palen aanduidt en die voor geleiding zorgt tijdens het boorproces.

De uitvoering gebeurt in verschillende fasen :

- in een eerste fase wordt een eerste reeks gewapende palen aangebracht op posities 1 – 5 – 9 – 13 – ...

- in een tweede fase wordt een tweede reeks gewapende palen aangebracht op posities 3 – 7 – 11 – ...
- in een derde fase wordt een laatste reeks gewapende palen aangebracht op posities 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – ... Indien de palenwand in de nabijheid van zettingsgevoelige constructies wordt geïnstalleerd, worden ook secundaire palen in twee fasen aangebracht 2 – 6 – 10 en vervolgens 4 – 8 – 12
- de bouwput wordt vervolgens uitgegraven tot het installatieniveau van een eventuele horizontale ondersteuning
- indien nodig wordt de horizontale ondersteuning (ankers, trekpalen, stempels, ...) aangebracht. De ankers of trekpalen worden geplaatst met behulp van gordingen
- de bouwput wordt verder uitgegraven tot aan het volgende installatieniveau van een eventuele bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke uitgravingspeil.



**Afb. 2 Boveenaanzicht van de uitvoering van een tangenspalenwand.**

### 3. Technieken

Voor het uitvoeren van de palen kunnen er in België verschillende technieken worden gebruikt :

- uitvoering met een avegaar met een tijdelijke voerbuis
- uitvoering met boorpalen vervaardigd met een tijdelijke voerbuis of onder bescherming van een steunvloeistof
- uitvoering met een avegaar met centrale buis met grote diameter en kleine flenzen.

De palen bestaan steeds uit ter plaatse gestort beton en alle palen zijn gewapend met een profiel of een wapeningskorf.

### 4. Karakteristieke afmetingen

De voor deze wanden gebruikte palen hebben dezelfde afmetingen als de alleenstaande palen die volgens dezelfde techniek worden uitgevoerd (NBN EN 1536) [2]. De typische diameter voor avegaarpalen varieert van 0,4 tot 0,7 m en voor boorpalen van 0,6 tot 1,5 m. De tussenafstand tussen de palen is kleiner dan  $D/10$  (zie afbeelding 2).

### 5. Draagvermogen

Een palenwand heeft een belangrijk verticaal draagvermogen (zie het [WTCB-rapport nr. 12 'Richtlijnen voor de toepassing van Eurocode 7 in België'](#) [5]). Bij de berekening dienen de vormfactor en de invloed van de uitgraving dan ook in rekening gebracht te worden.



## 6. Horizontale verplaatsing

Omwille van de stijfheid van een palenwand is in vergelijkbare omstandigheden de vervorming kleiner dan bij een Berlijnse wand (zie [Infofiche 56.1](#) en [56.2](#)) of een damwand.

## 7. Toepassingsgebied

Tangenspalenwanden kunnen de volgende functies bezitten :

- tangenspalenwanden hebben een grondkerende en dragende functie, zowel tijdelijk als permanent. Bij tangenspalenwanden met een permanente grondkerende functie dienen er maatregelen tegen gronderosie genomen te worden
- bij deze techniek is geen waterkerende of waterremmende functie mogelijk. Daarenboven dient de grondwatertafel zich steeds 0,5 m onder het uitgravingspeil te bevinden. Bij een gelaagde ondergrond dienen bij de aanwezigheid van hangende grondwatertafels de nodige maatregelen getroffen te worden.

Bij de toepassing van tangenspalenwanden dienen de volgende aandachtspunten in acht genomen te worden :

- tangenspalenwanden zijn typisch voor keringen van grotere diepte (tot 14 m). Ze kunnen tevens naast bestaande gebouwen worden toegepast op voorwaarde dat de palen uitgevoerd worden met een verbuizing of met steunvloeistof en op voorwaarde dat de openingen tussen de palen na de uitgraving worden gedicht om erosie te vermijden
- bij de uitvoering van tangenspalenwanden treden er geen trillingen op
- eventuele ondergrondse obstakels veroorzaken meestal geen grote problemen, maar kunnen een ongunstige invloed hebben op de toleranties van de wand
- de installatie van een palenwand bij aanwezigheid van grondwater is mogelijk zonder een voorafgaande verlaging van de grondwatertafel. Bij aanwezigheid van belangrijke grondwaterstromingen moet het risico op het uitwassen van het beton bestudeerd worden.

## 8. Speciale aandachtspunten


### 8.1 Bij de berekening

- het principe van het grondmechanisch ontwerp komt overeen met dat van diepwanden
- indien er profielen als wapening gebruikt worden, kan er bij de berekening van het maximale breukmoment rekening worden gehouden met de staal-betoninteractie (NBN EN 1994-1-1) [4]
- voor de bepaling van de buigstijfheid van de wand moet er rekening worden gehouden met het discontinue karakter van de palenwand
- de stabiliteit van de grond tussen de palen dient gecontroleerd te worden
- bij permanente toepassingen dient er rekening gehouden te worden met de duurzaamheid van de wand (NBN EN 1992-1-1 [3], NBN EN 206-1 [1] en NBN EN 1536 [2])
- de zettingen van naburige constructies ten gevolge van de uitvoering (bv. grondontspanning, gewicht machines, ...) dienen gecontroleerd te worden.

### 8.2 Bij de uitvoering

- er dient minstens 4 uur te verlopen tussen de uitvoering van de eerste (fase 1) en de tweede (fase 2) reeks palen. De uitvoering van de derde reeks palen (fase 3) vindt ten vroegste 8 uur na de tweede reeks palen plaats. Afhankelijk van de grondkarakteristieken kan een andere fasering noodzakelijk zijn

- tussen het aanbrengen van de palen en de uitgraving dient voldoende tijd te verlopen zodat het beton de minimale vereiste druksterkte en stijfheid kan bereiken (<sup>1</sup>)
- de overdracht van de krachten van de horizontale ondersteuning op de wand gebeurt steeds met behulp van gordingen
- de kwaliteit van de palen met een continue schroefboor is vaak afhankelijk van de uitvoering
- de installatie van de wapening dient uitgevoerd te worden over de volledige hoogte van de palen. Hiervan mag worden afgeweken indien er geen trek voorkomt in de palen (NBN EN 1536) [2]
- indien profielen als wapening gebruikt worden in de palen, kan men een gabariet toepassen om de nauwkeurigheid van de positie van de profielen te verbeteren
- niet-autostabiele wanden worden onderling zodanig verbonden dat de samenwerking tussen de palen gegarandeerd is.

 De praktijk wijst uit dat het vaak noodzakelijk is om minstens 10 dagen te voorzien tussen de uitvoering van de palenwand en de uitgraving.

## 9. Varianten

Er bestaan geen varianten op deze techniek.

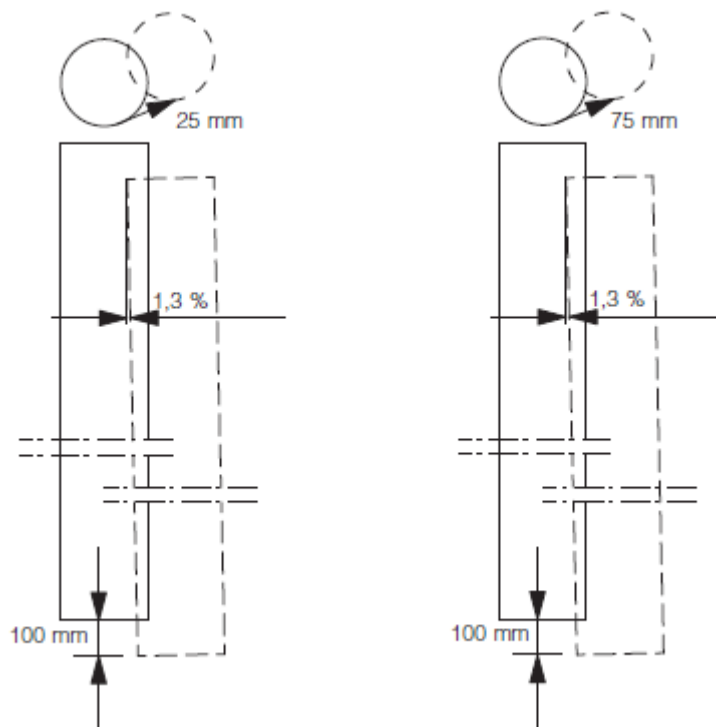
## 10. Kwaliteitszorg

Toleranties met betrekking tot de positionering (zie afbeelding 3) van de tangenspalen :

- de nauwkeurigheid van de horizontale positie van de palen (aan het maaiveld) bedraagt 25 mm (indien ze uitgevoerd worden met een geleidingsbalk) en 75 mm (indien ze uitgevoerd worden zonder een geleidingsbalk)
- de nauwkeurigheid van de verticale positie van de palen bedraagt  $\pm 100$  mm (peil aan de onderkant van de palen)
- de nauwkeurigheid van de helling van de palen bedraagt 1,3 %.

Voor de lokale uitstulpingen van de palen wordt er een bijkomende tolerantie van 100 mm toegelaten. In specifieke omstandigheden (bv. bij aanwezigheid van lokale holten, van grote harde stenen in de grond of in slappe lagen) zijn grotere uitstulpingen onvermijdelijk.

Het bestek dient met de toleranties rekening te houden bij de bepaling van de inplanting van ondergrondse constructies en met eventuele meerkosten ten gevolge van een positionering binnen de toleranties (bv. afkappen palen). Indien gewenst, kan het bestek striktere toleranties eisen.



**Afb. 3** Schets van de toleranties voor de positionering van tangenspalen : met gebruik van een geleidingsbalk (links) en zonder gebruik van een geleidingsbalk (rechts).

## 11. Link naar de bouwproductendatabank [Techcom](#)

### Literatuurlijst

1. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 206-1 Beton. Deel 1 : Eisen, gedragingen, vervaardiging en overeenkomstigheid. Brussel, NBN, 2001.
2. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 1536 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk. Boorpalen. Brussel, NBN, 2010.
3. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen. Brussel, NBN, 2010.
4. Bureau voor Normalisatie  
NBN EN 1994-1-1 Eurocode 4. Ontwerp van gemengde staal-betondraagsystemen. Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen - Nationale bijlage. Brussel, NBN, 2010.
5. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf  
Richtlijnen voor de toepassing van Eurocode 7 in België. Deel 1 : het grondmechanisch ontwerp in de uiterste grenstoestand van axiaal op druk belaste funderingspalen. (Rapport nr. 12, 2009).

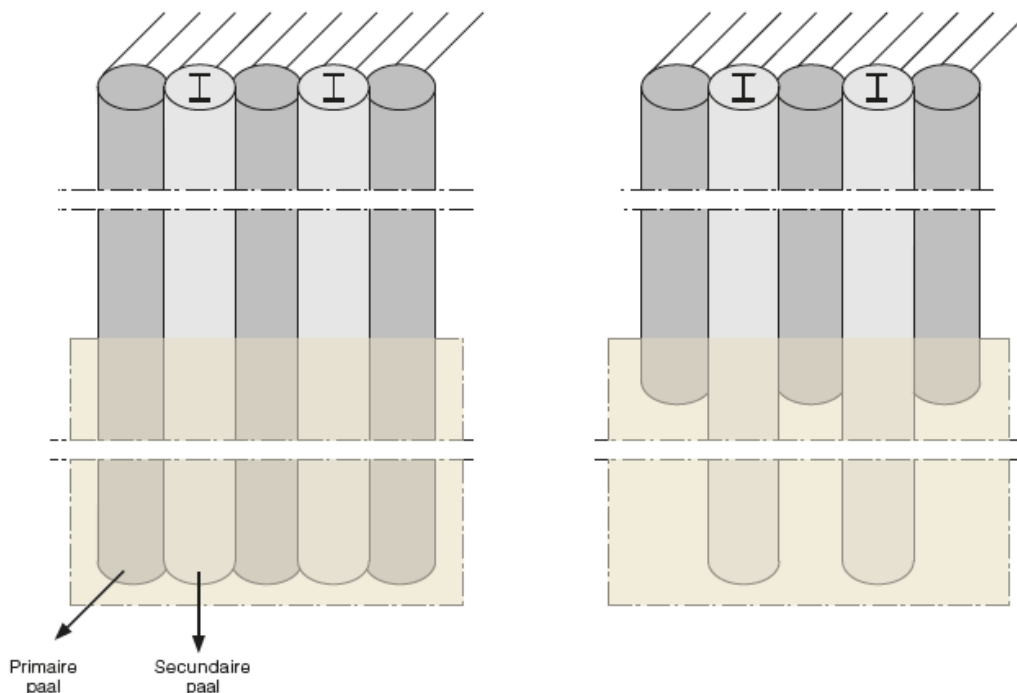
N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek', WTCB  
P. Ganne, dr. ir. (ex-WTCB)

*De Infofiche werd opgesteld in nauwe samenwerking met ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken) en de WTCB-werkgroepen 'Beschoeiingen' en 'Stuurgroep TIS-SFT' (TIS = Thematische Innovatiestimulering / SFT = Speciale FunderingsTechnieken).*

**De Infofiche over 'soil mix'-wanden waarbij de wanden opgebouwd zijn uit kolommen, is essentieel voor iedereen die dit type beschoeiing toepast. In deze fiche hebben we onder meer aandacht voor de uitvoering, de materialen en de afmetingen.**

## 1. Typering van het systeem

De grond wordt *in situ* mechanisch vermengd met een bindmiddel aan de hand van een speciale mengbeitel. Dit mengprocedé resulteert in 'soil mix' -kolommen. Door dergelijke kolommen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienstdoet als beschoeiing (zie afbeelding 1). Bij dit systeem kan men ook kiezen om de primaire kolommen minder diep uit te voeren dan de secundaire kolommen (gestaffelde uitvoering).



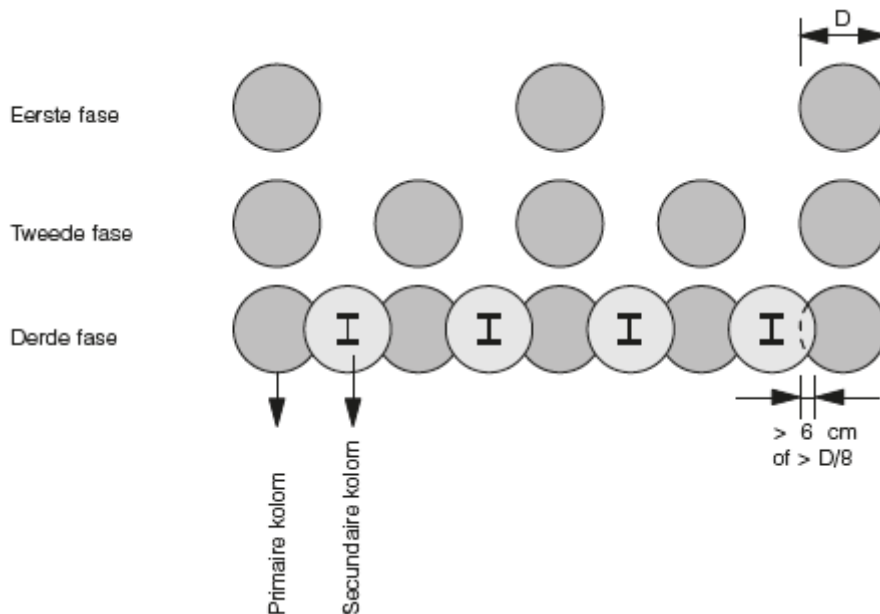
**Afb. 1. Wand met 'soil mix' -kolommen : klassieke uitvoering (links) en gestaffelde uitvoering (rechts).**

## 2. Uitvoering : algemene beschrijving

Bij een wand met 'soil mix' -kolommen wordt vooraf meestal een geleidingsbalk aangebracht die de posities van de kolommen aanduidt en die zorgt voor geleiding tijdens het op diepte brengen van de mengbeitel.

De uitvoering gebeurt in verschillende fasen :

- in een eerste fase wordt een eerste reeks primaire ongewapende kolommen uitgevoerd op posities 1 – 5 – 9 – 13 – ...
- in een tweede fase wordt een tweede reeks primaire ongewapende kolommen uitgevoerd op posities 3 – 7 – 11 – ...
- in een derde fase worden de secundaire gewapende kolommen op posities 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – ... uitgevoerd. Hierbij worden de primaire kolommen gedeeltelijk weggeboord (zie afbeelding 2). Indien de 'soil mix' -wand in de nabijheid van zettingsgevoelige constructies wordt geïnstalleerd, worden de secundaire kolommen eveneens in twee fasen uitgevoerd 2 – 6 – 10 – ... en vervolgens 4 – 8 – 12 – ...
- de bouwput wordt vervolgens uitgegraven tot het installatieniveau van een eventuele horizontale ondersteuning
- indien nodig wordt de horizontale ondersteuning (ankers, trekpalen, stempels, ...) aangebracht. De ankers of trekpalen worden geplaatst ter hoogte van de oversnijding van een primaire en een secundaire kolom
- de bouwput wordt verder uitgegraven tot aan het volgende installatieniveau van een eventuele bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke uitgravingspeil.



**Afb. 2. Bovenaanzicht van de uitvoering van een 'soil mix' -wand met kolommen.**

### 3. Materialen

De grond wordt vermengd met een grout op basis van bindmiddel en water. Het bindmiddel bestaat uit cement (cement + toeslagstoffen) en eventuele hulpstoffen. Het bindmiddelgehalte bedraagt meestal 250 tot 500 kg per m<sup>3</sup> kolom. De grout heeft een water-bindmiddelgehalte tussen 0,6 en 1,2.

Eén kolom op twee wordt gewapend met een stalen profiel. Voor de eventuele toepassing van korfwapeningen zijn er bijkomende proeven noodzakelijk.

### 4. Afmetingen

Hieronder volgt een overzicht van de karakteristieke afmetingen voor 'soil mix' -wanden :

- de diameter van een 'soil mix' -kolom bedraagt meestal 0,4 tot 0,6 m (in bepaalde gevallen kan deze oplopen tot 1,2 m)
- de overlapping tussen de kolommen in een 'soil mix' -wand bedraagt steeds minimaal 6 cm. Indien de 'soil mix' -wand wordt toegepast als een silostructuur en/of met een waterremmende functie, bedraagt de overlapping ten minste 1/8 van de kolomdiameter (zie afbeelding 2). Hierbij dient rekening gehouden te worden met de plaatsingstoleranties
- de uitvoeringsdiepte bedraagt meestal minder dan 20 m.

## 5. Draagvermogen

Als een constructie een dragende functie heeft, dient er rekening gehouden te worden met de invloed van onder andere de grond *in situ*, het bindmiddelgehalte, de uitvoeringsparameters op de sterkte, alsook met de vervormingsparameters van het 'soil mix'- materiaal.

Bij de berekening van het grondmechanisch draagvermogen van een 'soil mix' -wand dienen de vormfactor, het groepseffect en de invloed van de uitgraving in rekening gebracht te worden.

## 6. Horizontale verplaatsing

De vervorming is een belangrijk aandachtspunt. De grond *in situ*, het bindmiddelgehalte en de uitvoeringsparameters beïnvloeden immers de stijfheid van een 'soil mix'-wand.

## 7. Toepassingsgebied

'Soil mix' -wanden kunnen de volgende functies bezitten :

- 'soil mix' -wanden hebben een tijdelijke grondkerende functie
- 'soil mix' -wanden kunnen ook een verticaal dragende functie hebben; de mogelijkheid hiertoe is afhankelijk van de grondkarakteristieken en/of de wapening
- 'soil mix'-wanden kunnen tevens een waterremmende functie hebben. De risico's ten gevolge van de afwijkingen van de installatie van de kolommen op de waterdichtheid van de 'soil mix' -wand dienen voorafgaandelijk te worden beoordeeld. Eventuele lekken dienen onmiddellijk te worden behandeld
- voor een permanente functie moeten bijkomende voorzieningen getroffen worden.

Bij de toepassing van 'soil mix' -wanden dienen de volgende aandachtspunten in acht genomen te worden :

- de toepasbaarheid van de techniek is afhankelijk van de grondsoort *in situ* (zie tabel)
- bij de uitvoering van 'soil mix'-wanden treden er geen trillingen op
- eventuele ondergrondse obstakels kunnen grote problemen veroorzaken. Een voorafgaandelijke evaluatie is daarom noodzakelijk
- er is geen voorafgaandelijke verlaging van de grondwatertafel vereist. Bij aanwezigheid van belangrijke grondwaterstromingen moet het risico op het uitwassen van het 'soil mix' -materiaal bestudeerd worden.

**Tabel** Toepasbaarheid van soil mix in functie van de grondsoort *in situ*. (V staat voor toepasbaar in bepaalde omstandigheden, VV voor bijna altijd toepasbaar en VVV voor altijd toepasbaar).

Zand	Leem	Slappe klei	Vaste klei
VVV	VV	VV	V
Opmerking : bijzondere aandacht voor de uitvoering van soil mix in grofgrindlagen, veen- en turfgronden.			

## 8. Speciale aandachtspunten

### 8.1 Bij de berekening

- het principe van het grondmechanisch ontwerp komt overeen met dat voor diepwanden
- voor de bepaling van de buigstijfheid van de wand moet er rekening worden gehouden met een gereduceerde doorsnede van de 'soil mix' -wand. Daarenboven dient er voor de buigstijfheid van een gestaffelde 'soil mix' -wand rekening gehouden te worden met het discontinue karakter onder het uitgravingsniveau
- het maximale breukmoment van de wand wordt bepaald aan de hand van de aanwezige wapening (meestal profielen)
- er dient steeds gecontroleerd te worden of het 'soil mix' -materiaal voldoende druksterkte heeft om de gronddrukken en de eventuele waterdrukken over te brengen naar de profielen (gewelfwerking).
- ten gevolge van de uitvoering (bv. grondontspanning, gewicht machines, ...) dienen de zettingen van naburige constructies te worden gecontroleerd
- indien de 'soil mix' -wand wordt uitgevoerd als een silostructuur, mag er tot een maximale diepte van 100 maal de overlapping van de kolommen op het ringeffect gerekend worden.

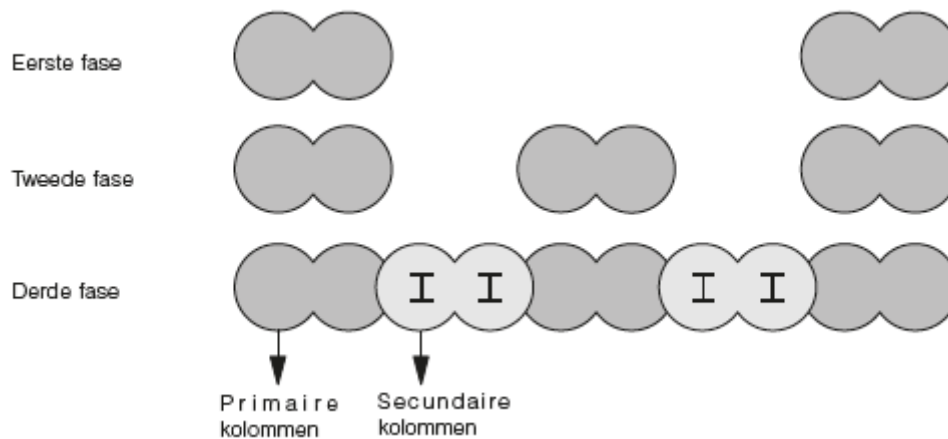
### 8.2 Bij de uitvoering

- de kwaliteit van het 'soil mix' -materiaal hangt af van de grond *in situ*, het bindmiddelgehalte en de uitvoeringsparameters
- tijdens het uitvoeringsproces moet erop worden toegezien dat het bindmiddel gelijkmatig over de diepte wordt ingebracht
- er dient minstens 6 uur te verlopen tussen de uitvoering van de eerste reeks primaire kolommen (fase 1) en de tweede reeks primaire kolommen (fase 2)
- bij de installatie van een 'soil mix' -wand gebeurt de uitvoering van de secundaire kolommen zo snel mogelijk na de uitvoering van de primaire kolommen. De uitvoering van de secundaire kolommen mag echter ten vroegste 8 uur na het beëindigen van de primaire kolommen worden aangevat. Afhankelijk van de grondkarakteristieken kan een andere fasering noodzakelijk zijn
- tussen het uitvoeren van de kolommen en de uitgraving dient voldoende tijd te verlopen, zodat het 'soil mix' -materiaal de minimale vereiste druksterkte en stijfheid heeft bereikt
- de overdracht van de krachten van de horizontale ondersteuning op de wand gebeurt met behulp van gordingen. Een lokale krachtsoverdracht met bv. een ankerplaat is in bepaalde gevallen ook mogelijk indien de structurele stabiliteit van de wand wordt gevrijwaard
- voor de plaatsing van de wapening van de secundaire kolommen kan een gabariet gebruikt worden om aldus de nauwkeurigheid van de positie van de profielen te verbeteren.

## 9. Varianten

Speciaal aangepaste boormachines kunnen twee of drie kolommen tegelijkertijd realiseren. De drie productiefasen zijn dezelfde als bij een enkelvoudig kolomsysteem (zie afbeelding 3).





**Afb 3. Bovenzicht van de uitvoering van een 'soil mix' -wand met een boormachine waarbij twee kolommen tegelijkertijd worden gerealiseerd.**

## 10. Kwaliteitszorg

### 10.1 Afhankelijk van de functie

De controle van de kwaliteit van het 'soil mix' -materiaal hangt af van de functie van de 'soil mix' -wand.

'Soil mix' -wand als tijdelijke grondkering (stijfheid wand = stijfheid wapeningsprofielen) :

Indien het 'soil mix' -materiaal uitsluitend in rekening gebracht wordt om de gronddrukken naar de profielen over te dragen (stijfheid wand = stijfheid wapening), dient er minimaal 1 kern/150 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal genomen te worden met een minimum van zes kernen. De monstername staat beschreven in het bestek.

De volgende elementen worden beproefd :

- bepaling uniaxiale drukweerstand
- schatting insluitsels < 20 vol%.

Indien de uitvoerder reeds over proefresultaten beschikt op minstens twee sites waar hetzelfde 'soil mix' -procedé werd toegepast in gelijkaardige omstandigheden, hoeft men het proefprogramma niet te volgen.

'Soil mix' -wand als tijdelijke grondkering (stijfheid wand > stijfheid wapeningsprofielen) :

Indien het 'soil mix' -materiaal niet alleen in rekening gebracht wordt om de gronddrukken naar de profielen over te dragen, maar ook om bij te dragen tot een grotere stijfheid van de wand samen met de profielen dient er minimaal 1 kern/150 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal genomen te worden met een minimum van zes kernen. De monstername staat beschreven in het bestek.

De volgende elementen worden beproefd :

- bepaling uniaxiale drukweerstand
- bepaling elasticiteitsmodulus
- schatting insluitsels < 20 vol%.

Indien de uitvoerder reeds over proefresultaten beschikt op minstens twee sites waar hetzelfde 'soil mix' -procedé werd toegepast in gelijkaardige omstandigheden, hoeft men het proefprogramma niet te volgen.

### 'Soil mix' -wand met een tijdelijke of permanente waterkerende en/of dragende functie :

Bij de monstername wordt er minimaal 1 kern/75 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal genomen met een minimum van 12 kernen. De monstername staat beschreven in het bestek.

Het proefprogramma mag beperkt worden tot 1 kern/200 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal (minimaal zes kernen) indien de uitvoerder reeds over proefresultaten beschikt op minstens twee sites waar hetzelfde 'soil mix' -procedé werd toegepast in gelijkaardige omstandigheden.

De volgende elementen worden beproefd :

- bepaling uniaxiale drukweerstand
- bepaling elasticiteitsmodulus
- schatting insluitsels < 20 vol%.

Bij eventuele insluitsels > 1/3 breedte van de wand dient de ontwerper aan te geven of ze onmiddellijk dienen te worden behandeld.

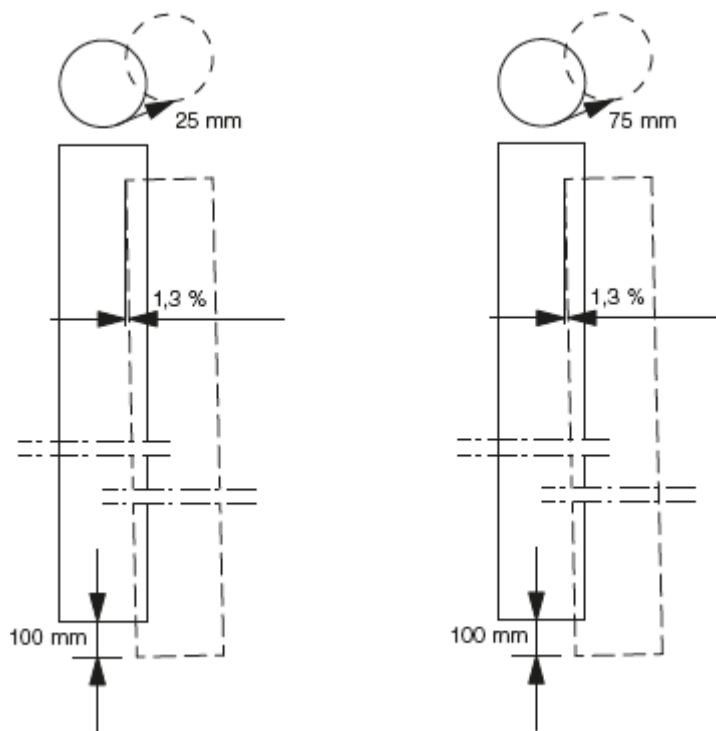
## **10.2 Afhankelijk van de toleranties**

Toleranties met betrekking tot de positionering (zie afbeelding 4) van een 'soil mix' -wand :

- de nauwkeurigheid van de horizontale positie van de kolommen (aan het maaiveld) bedraagt 25 mm (indien uitgevoerd met een geleidingsbalk) en 75 mm (indien uitgevoerd zonder een geleidingsbalk)
- de nauwkeurigheid van de verticale positie van de kolommen bedraagt ± 100 mm (peil aan de onderkant van de kolommen)
- de nauwkeurigheid van het bovenpeil is afhankelijk van de grondkarakteristieken en het eventuele gebruik van een geleidingsbalk
- de nauwkeurigheid van de helling van de kolommen bedraagt 1,3 %
- voor de lokale uitstulpingen van de kolommen wordt er een bijkomende tolerantie van 100 mm toegelaten. In bepaalde omstandigheden (bv. bij aanwezigheid van lokale holten, van grote harde stenen in de grond of in slappe lagen) zijn grotere uitstulpingen van de kolommen onvermijdelijk.

Het bestek dient met de toleranties rekening te houden bij de bepaling van de inplanting van ondergrondse constructies en eventuele meerkosten ten gevolge van een positionering binnen de toleranties (bv. afkappen kolommen).

Indien gewenst, kan het bestek striktere toleranties eisen. Zo wordt voor een 'soil mix' -wand die toegepast wordt als een silostructuur en/of met een waterremmende functie vaak een nauwkeurigheid van de helling van 0,5 % geëist.



**Afb. 4. Toleranties van de positionering van de kolommen van een 'soil mix' -wand : met gebruik van een geleidingsbalk (links) en zonder gebruik van een geleidingsbalk (rechts).**

**11. Link naar de bouwproductendatabank [Techcom](#)**

N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek', WTCB  
P. Ganne, dr. ir. (ex-WTCB)

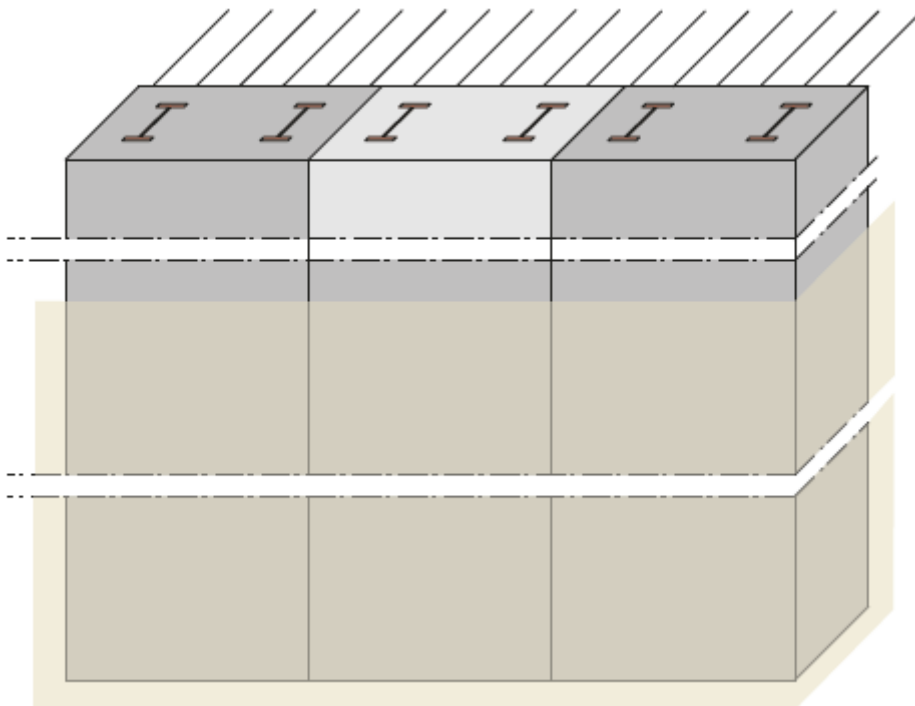
*De Infociche werd opgesteld in nauwe samenwerking met ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken) en de WTCB-werkgroepen 'Beschoeiingen' en 'Stuurgroep TIS-SFT' (TIS = Thematische Innovatiestimulering / SFT = Speciale FunderingsTechnieken).*



**De Infofiche over 'soil mix'-wanden waarbij de wanden opgebouwd zijn uit panelen, is essentieel voor iedereen die dit type beschoeiing toepast. In deze fiche hebben we onder meer aandacht voor de uitvoering, de materialen en de afmetingen.**

## 1. Typering van het systeem

De grond wordt *in situ* mechanisch vermengd met een bindmiddel aan de hand van een frees. Dit mengprocedé resulteert in 'soil mix' -panelen. Door dergelijke panelen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienstdoet als beschoeiing (zie afbeelding 1).



**Afb. 1 Wand met 'soil mix' -panelen.**

## 2. Uitvoering : algemene beschrijving

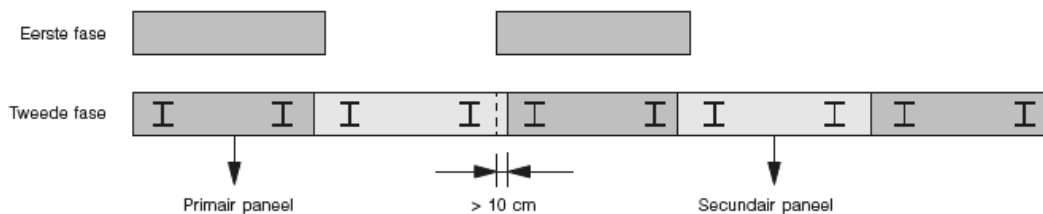
Bij een wand met 'soil mix' -panelen kan er vooraf een geleidingsbalk worden aangebracht die de posities van de panelen aanduidt en die zorgt voor geleiding tijdens het op diepte brengen van de frees.

De uitvoering gebeurt in verschillende fasen :

- in een eerste fase worden de primaire panelen uitgevoerd op posities 1 – 3 – 5 – 7 – 9 – 11 – ...

- in een tweede fase worden de secundaire panelen uitgevoerd op posities 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – ... Hierbij worden de primaire panelen gedeeltelijk weggefreest (zie afbeelding 2) (I)
- de bouwput wordt vervolgens uitgegraven tot het installatieniveau van een eventuele horizontale ondersteuning
- indien nodig wordt de horizontale ondersteuning (ankers, trekpalen, stempels, ...) aangebracht
- de bouwput wordt verder uitgegraven tot aan het volgende installatieniveau van een eventuele bijkomende horizontale ondersteuning of tot het uiteindelijke uitgravingspeil.

(I) Er kunnen ander faseringen worden toegepast afhankelijk van de op te nemen belastingen en de uitvoeringsituatie.



**Afb. 2 Bovenaanzicht van de uitvoering van een 'soil mix'-wand met panelen.**

### 3. Materialen

De grond wordt vermengd met een grout op basis van bindmiddel en water. Het bindmiddel bestaat uit cement (cement + toeslagstoffen) en eventuele hulpstoffen. Het bindmiddelgehalte bedraagt meestal 250 tot 500 kg per m<sup>3</sup> paneel. De grout heeft een water-bindmiddelgehalte tussen 0,6 en 1,2.

Elk paneel wordt gewapend met één, twee of drie stalen profielen. Voor de eventuele toepassing van korfwapeningen zijn bijkomende proeven noodzakelijk.

### 4. Afmetingen

Hieronder volgt een overzicht van de karakteristieke afmetingen van 'soil mix'-panelen :

- de typische lengte voor 'soil mix'-panelen bedraagt 2,2 tot 2,8 m
- de overlapping tussen de panelen in een 'soil mix'-wand bedraagt minimaal 10 cm (zie afbeelding 2). Hierbij dient rekening gehouden te worden met de plaatsingstoleranties
- de dikte van een 'soil mix'-paneel bedraagt doorgaans 0,55 m. Andere dikten zijn evenwel ook mogelijk
- de uitvoeringsdiepte bedraagt meestal minder dan 20 m.

### 5. Draagvermogen

Als een constructie een dragende functie heeft, dient er rekening gehouden te worden met de invloed van onder andere de grond *in situ*, het bindmiddelgehalte, de uitvoeringsparameters op de sterkte, alsook met de vervormingsparameters van het 'soil mix'-materiaal.

Bij de berekening van het grondmechanisch draagvermogen van een 'soil mix'-wand dienen de vormfactor en de invloed van de uitgraving in rekening gebracht te worden.

## 6. Horizontale verplaatsing

De vervorming is een belangrijk aandachtspunt. De grond *in situ*, het bindmiddelgehalte en de uitvoeringsparameters beïnvloeden immers de stijfheid van een 'soil mix' -wand.

## 7. Toepassingsgebied

'Soil mix' -wanden kunnen de volgende functies bezitten :

- 'soil mix' -wanden bezitten een tijdelijke grondkerende functie
- 'soil mix' -wanden kunnen ook een verticaal dragende functie bezitten, maar de mogelijkheid hiertoe hangt af van de grondkarakteristieken en/of de wapening
- 'soil mix' -wanden kunnen tevens een waterremmende functie bezitten. De risico's door de afwijkingen bij de installatie van de panelen op de waterdichtheid van de 'soil mix' -wand dienen voorafgaandelijk te worden beoordeeld. Eventuele lekken dienen onmiddellijk te worden behandeld
- voor een permanente functie moeten bijkomende voorzieningen getroffen worden.

Bij de toepassing van 'soil mix' -wanden dienen de volgende aandachtspunten in acht genomen te worden :

- de toepasbaarheid van de techniek is afhankelijk van de grondsoort *in situ* (zie tabel)
- bij de uitvoering van 'soil mix'-wanden treden er geen trillingen op
- eventuele ondergrondse obstakels kunnen grote problemen veroorzaken. Een voorafgaandelijke evaluatie is daarom noodzakelijk
- er is geen voorafgaandelijke verlaging van de grondwatertafel vereist. Bij de aanwezigheid van belangrijke grondwaterstromen moet het risico op het uitwassen van het 'soil mix' -materiaal eerst bestudeerd worden.

**Tabel** Toepasbaarheid van soil mix in functie van de grondsoort *in situ*. (V staat voor toepasbaar in bepaalde omstandigheden, VV voor bijna altijd toepasbaar en VVV voor altijd toepasbaar).

Zand	Leem	Slappe klei	Vaste klei
VVV	VV	VV	V
Opmerking : bijzondere aandacht voor de uitvoering van soil mix in grofgrindlagen, veen- en turfgronden.			

## 8. Speciale aandachtspunten

### 8.1 Bij de berekening

- het principe van het grondmechanisch ontwerp is overeenkomstig met dat voor diepwanden
- het maximale breukmoment van de wand wordt bepaald aan de hand van de aanwezige wapening (meestal profielen)
- er dient steeds gecontroleerd te worden of het 'soil mix' -materiaal voldoende druksterkte heeft om de gronddrukken en de eventuele waterdrukken over te brengen naar de profielen (gewelfwerking)
- ten gevolge van de uitvoering (bv. grondontspanning, gewicht machines, ...) dienen de zettingen van naburige constructies gecontroleerd te worden
- indien de 'soil mix' -wand uitgevoerd wordt als een silostructuur, mag er tot een maximale diepte van 100 maal de overlapping van de panelen op het ringeffect gerekend worden.

## 8.2 Bij de uitvoering

- de kwaliteit van het 'soil mix' -materiaal hangt af van de grond *in situ*, het bindmiddelgehalte en de uitvoeringsparameters
- tijdens het uitvoeringsproces moet erop worden toegezien dat het bindmiddel gelijkmatig over de diepte wordt ingebracht
- bij de installatie van een 'soil mix' -wand gebeurt de uitvoering van de secundaire panelen zo snel mogelijk na de uitvoering van de primaire panelen. De uitvoering van de secundaire panelen mag echter ten vroegste 8 uur na het beëindigen van de primaire panelen worden aangevat. Afhankelijk van de grondkarakteristieken kan een andere fasering noodzakelijk zijn
- tussen het uitvoeren van de panelen en de uitgraving dient voldoende tijd te verlopen, zodat het 'soil mix' -materiaal de minimale vereiste druksterkte en stijfheid heeft bereikt
- de overdracht van de krachten van de horizontale ondersteuning op de wand gebeurt met behulp van gordingen. Een lokale krachtoverdracht met bv. een ankerplaat is in bepaalde gevallen ook mogelijk indien de structurele stabiliteit van de wand wordt gevrijwaard
- voor de plaatsing van de wapening van de panelen kan een gabariet gebruikt worden om aldus de nauwkeurigheid van de positie van de profielen te verbeteren.

## 9. Varianten

Er bestaan geen varianten op deze techniek.

## 10. Kwaliteitszorg

### 10.1 Afhankelijk van de functie

De controle van de kwaliteit van het 'soil mix' -materiaal hangt af van de functie van de 'soil mix' -wand.

'Soil mix' -wand als tijdelijke grondkering (stijfheid wand = stijfheid wapeningsprofielen):

Indien het 'soil mix' -materiaal uitsluitend in rekening gebracht wordt om de gronddrukken naar de profielen over te dragen, dient er minimaal 1 kern/150 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal genomen te worden met een minimum van zes kernen. De monstername staat beschreven in het bestek.

De volgende elementen worden beproefd :

- bepaling van de uniaxiale drukweerstand
- schatting insluitsels < 20 vol%.

Indien de uitvoerder reeds over proefresultaten beschikt op minstens twee sites waar hetzelfde 'soil mix' -procedé werd toegepast in gelijkaardige omstandigheden, hoeft men het proefprogramma niet te volgen.

'Soil mix' -wand als tijdelijke grondkering (stijfheid wand > stijfheid wapeningsprofielen):

Indien het 'soil mix' -materiaal niet alleen in rekening gebracht wordt om de gronddrukken naar de profielen over te dragen, maar ook om bij te dragen tot een grotere stijfheid van de wand samen met de profielen dient er minimaal 1 kern/150 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal genomen te worden met een minimum van zes kernen. De monstername staat beschreven in het bestek.

De volgende elementen worden beproefd :

- bepaling van de uniaxiale drukweerstand



- bepaling van de elasticiteitsmodulus
- schatting insluitsels < 20 vol%.

Indien de uitvoerder reeds over proefresultaten beschikt op minstens twee sites waar hetzelfde 'soil mix' -procedé werd toegepast in gelijkaardige omstandigheden, hoeft men het proefprogramma niet te volgen.

'Soil mix' -wand met een tijdelijke of permanente waterkerende en/of dragende functie :

Bij de monstername wordt er minimaal 1 kern/75 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal genomen met een minimum van 12 kernen. De monstername staat beschreven in het bestek.

Het proefprogramma mag beperkt worden tot 1 kern/200 m<sup>3</sup> 'soil mix' -materiaal (minimaal 6 kernen), indien de uitvoerder reeds over proefresultaten beschikt op minstens twee sites waar hetzelfde 'soil mix' -procedé werd toegepast in gelijkaardige omstandigheden.

De volgende elementen worden beproefd :

- bepaling uniaxiale drukweerstand
- bepaling elasticiteitsmodulus
- schatting insluitsels < 20 vol%.

Bij eventuele insluitsels > 1/3 breedte van de wand dient de ontwerper aan te geven of ze onmiddellijk dienen te worden behandeld.

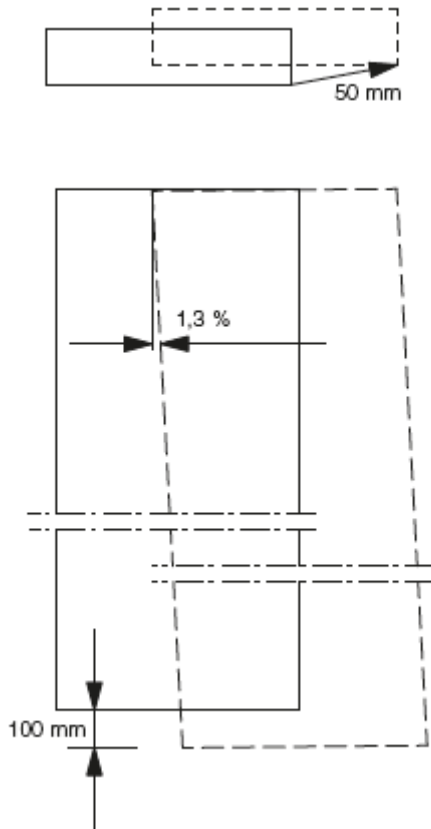
## 10.2 Afhankelijk van toleranties

Toleranties met betrekking tot de positionering (zie afbeelding 3) van een 'soil mix' -wand :

- de nauwkeurigheid van de horizontale positie van de panelen (aan het maaiveld) bedraagt 50 mm
- de nauwkeurigheid van de verticale positie van de panelen bedraagt ± 100 mm (peil aan de onderkant van de panelen)
- de nauwkeurigheid van het bovenpeil is afhankelijk van de grondkarakteristieken en het eventuele gebruik van een geleidingsbalk
- de nauwkeurigheid van de helling van de panelen bedraagt 1,3 %
- voor de lokale uitstulpingen van de panelen wordt er een bijkomende tolerantie van 100 mm toegelaten. In bepaalde omstandigheden (bv. bij aanwezigheid van lokale holten, van grote harde stenen in de grond of in slappe lagen) zijn grotere uitstulpingen van de panelen onvermijdelijk.

Het bestek dient met de toleranties rekening te houden bij de bepaling van de inplanting van ondergrondse constructies en eventuele meerkosten ten gevolge van een positionering binnen de toleranties (bv. afkappen panelen).

Indien gewenst kan het bestek striktere toleranties eisen. Zo wordt voor een 'soil mix' -wand die toegepast wordt als een silostructuur en/of met een waterremmende functie vaak een hellingsnauwkeurigheid van 0,5 % geëist.



**Afb. 3 Toleranties voor de positionering van de panelen van een 'soil mix' -wand.**

#### 11. Link naar de bouwproductendatabank [Techcom](#)

N. Huybrechts, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Geotechniek', WTCB  
P. Ganne, dr. ir. (ex-WTCB)

De Infofiche werd opgesteld in nauwe samenwerking met ABEF (Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken) en de WTCB-werkgroepen 'Beschoeiingen' en 'Stuurgroep TIS-SFT' (TIS = Thematische Innovatiestimulering / SFT = Speciale FunderingsTechnieken).