

# Ondergrondse constructies:

## Ontwerp en uitvoering.

ir Jan Maertens, Raadgevend ingenieur en docent KU Leuven

### 1. Inleiding.

Bij het ontwerp en de uitvoering van ondergrondse constructies komen nagenoeg alle aspecten van de grondmechanica en funderingstechniek aan bod, namelijk:

- het vastleggen van het nodig grondonderzoek en de interpretatie van de verkregen resultaten;
- het dimensioneren van funderingen;
- het dimensioneren van de aan te leggen bouwput:
  - taluds en/of verticale beschoeiingen
  - grondwaterverlaging
- het nazicht van de mogelijke invloed op de omgeving.

Dit is zeker het geval wanneer de ondergrondse constructie onmiddellijk naast een bestaande constructie moet gerealiseerd worden.

Architecten nemen ten aanzien van het ontwerp van ondergrondse constructies nogal eens sterk uiteenlopende houdingen aan:

- Bij een grote groep worden de mogelijke problemen door een gebrek aan kennis en inzicht onderschat. Tijdens de uitvoering duiken er dan meestal allerhande niet voorziene problemen op.
- Anderen voelen zich zeer onwennig en besteden al hun aandacht en energie aan het afwentelen van alle mogelijke verantwoordelijkheden op de uitvoerende aannemer. Zoiets loopt uiteraard regelmatig faliekant af.

De enige goede houding bestaat erin dat men probeert om alle mogelijke problemen zo goed mogelijk te onderkennen en er een technisch en economische oplossing voor gaat zoeken. Alleen op deze wijze is het mogelijk om duidelijke afspraken te maken tussen de opdrachtgever, architect en aannemer i.v.m. de te nemen risico's en de mogelijke gevolgen ervan.

## 2. Grondonderzoek.

### 2.1. Algemeen.

In verband met de omvang van het grondonderzoek dat nodig is voor het ontwerpen van ondergrondse constructies bestaan er geen algemeen aanvaarde regels.

In de TV 147 van het WTCB: "Funderingen van kleine en middelgrote gebouwen", is aangegeven:

- Aantal proeven: min. 2 (boringen of sonderingen) eventueel meer.
- Te bereiken diepte onder het aanzetpeil:
  - voor funderingszolen = tot minimaal 6m of 3 maal de breedte van de aan te leggen funderingen;
  - voor algemene funderingsplaten = tot minimaal 1,5 maal de breedte van de funderingsplaat;
  - voor putten en palen = tot minimaal 1 maal de breedte van de fundering.

In Eurocode 7 is aangegeven:

- Aantal proeven: tussenafstand tussen onderzoekspunten normaal 20m à 40m voor funderingen.
- Te bereiken diepte onder het aanzetpeil:
  - voor funderingszolen = 1 à 3 maal de breedte van de aan te leggen funderingen, eventueel dieper in geval van sterk samendrukbare lagen;
  - voor algemene funderingsplaten tot minimaal 1 maal de breedte van de funderingsplaat;
  - voor palen tot minimaal 5m of 5 maal de paaldiameter onder de aanzet.

Bij de uitvoering van een grondonderzoek ten behoeve van ondergrondse constructies komt het er evenwel niet alleen op aan om de samenstelling en de eigenschappen van de ter plaatse aanwezige grondlagen te kennen, maar ook om de ligging van het grondwaterpeil nauwgezet vast te leggen en om de mogelijke invloed van een grondwaterverlaging op de omgeving na te gaan.

De kennis i.v.m. de ligging van het grondwaterpeil is nodig om na te gaan:

- of er al dan niet onder het grondwaterpeil moet gebouwd worden;
- of er maatregelen moeten voorzien worden t.a.v. mogelijk opdrijven van de op te richten constructie.

Het is dan ook niet voldoende om de ligging van het grondwaterpeil op een bepaald ogenblik te kennen. De mogelijke schommelingen van het grondwaterpeil ten gevolge van de seizoensinvloeden moeten ook gekend zijn.

Wanneer er tegenaan bestaande constructies moet gebouwd worden, dienen de afmetingen en de samenstelling van de funderingen van de bestaande constructies gekend te zijn.

## **2.2. Algemene informatie i.v.m. de samenstelling van de ondergrond.**

Algemene informatie i.v.m. de samenstelling van de ondergrond kan worden verkregen door het raadplegen van bestaande documenten, zoals;

- de geologische kaarten;
- de grondmechanische kaarten (alleen voor de agglomeraties Antwerpen, Gent en Brussel).

Zeer waardevolle informatie i.v.m. de samenstelling van de ondergrond kan worden verkregen door het raadplegen van de Databank Ondergrond Vlaanderen (dov.Vlaanderen.be).

Door het raadplegen van bestaande documenten en van Databank Ondergrond Vlaanderen kan informatie worden verkregen i.v.m. elementen die niet altijd uit de resultaten van een grondonderzoek kunnen worden afgeleid, zoals, bv.

- de mogelijke aanwezigheid van zeer sterk samendrukbare gronden zoals veen of veenhoudende lagen;
- de mogelijke aanwezigheid van stenen of versteende lagen.

## **2.3. Diepsonderingen.**

Diepsonderingen worden in Vlaanderen veruit het meest uitgevoerd.

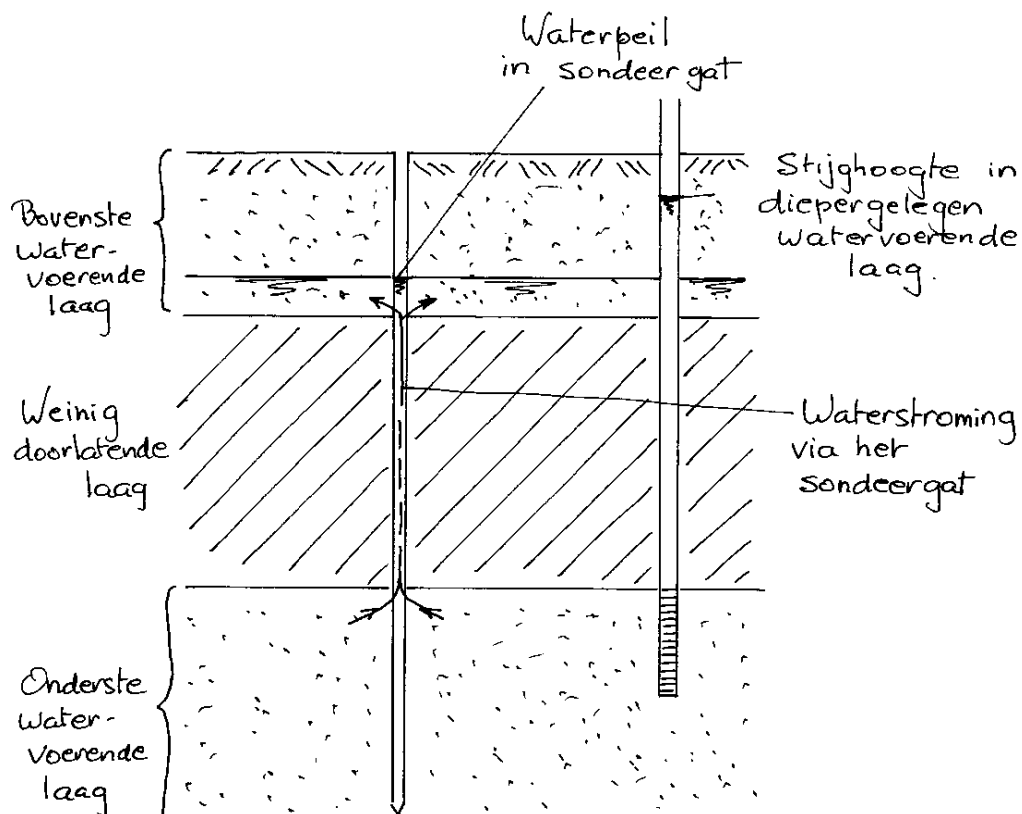
Dankzij de grote ervaring die er i.v.m. de interpretatie van de resultaten van diepsonderingen beschikbaar is, is het meestal mogelijk om op een vrij betrouwbare wijze de samenstelling en de eigenschappen van de aanwezige grondlagen af te leiden. Men dient er evenwel rekening mee te houden dat het niet mogelijk is om alles op basis van de resultaten van diepsonderingen alleen vast te leggen.

Zo kan de aanwezigheid van veen niet met zekerheid worden afgeleid. Elektrische sonderingen verstrekken op dat vlak meer gedetailleerde informatie, maar de uitvoering van boringen blijft meestal aangewezen wanneer de kennis i.v.m. de aanwezigheid van veen belangrijk is.

De informatie i.v.m. de grondwaterstand verkregen door het opmeten van het waterpeil na het uitvoeren van een sondering, is niet altijd betrouwbaar en bij het ontwerpen van een ondergrondse constructie meestal niet voldoende. De aldus verkregen gegevens verstrekken bv. geen informatie i.v.m. de mogelijke schommelingen van het grondwaterpeil met de seizoenen, de mogelijke invloed van in de omgeving uitgevoerde

tijdelijke grondwaterverlagingen en/of de mogelijke aanwezigheid van meerdere grondwatertafels. In het algemeen wordt alleen informatie verkregen betreffende het grondwaterpeil in de bovenste watervoerende laag op het ogenblik dat de sonderingen werden uitgevoerd.

Wanneer een diepsondering wordt uitgevoerd in een ondergrond waarin twee watervoerende lagen met een verschillende stijghoogte voorkomen, dan zal er na het uitvoeren van de sondering, via het ontstane sondeergat een stroming plaatsvinden van het ene naar het andere watervoerend pakket (cfr. fig. 1).

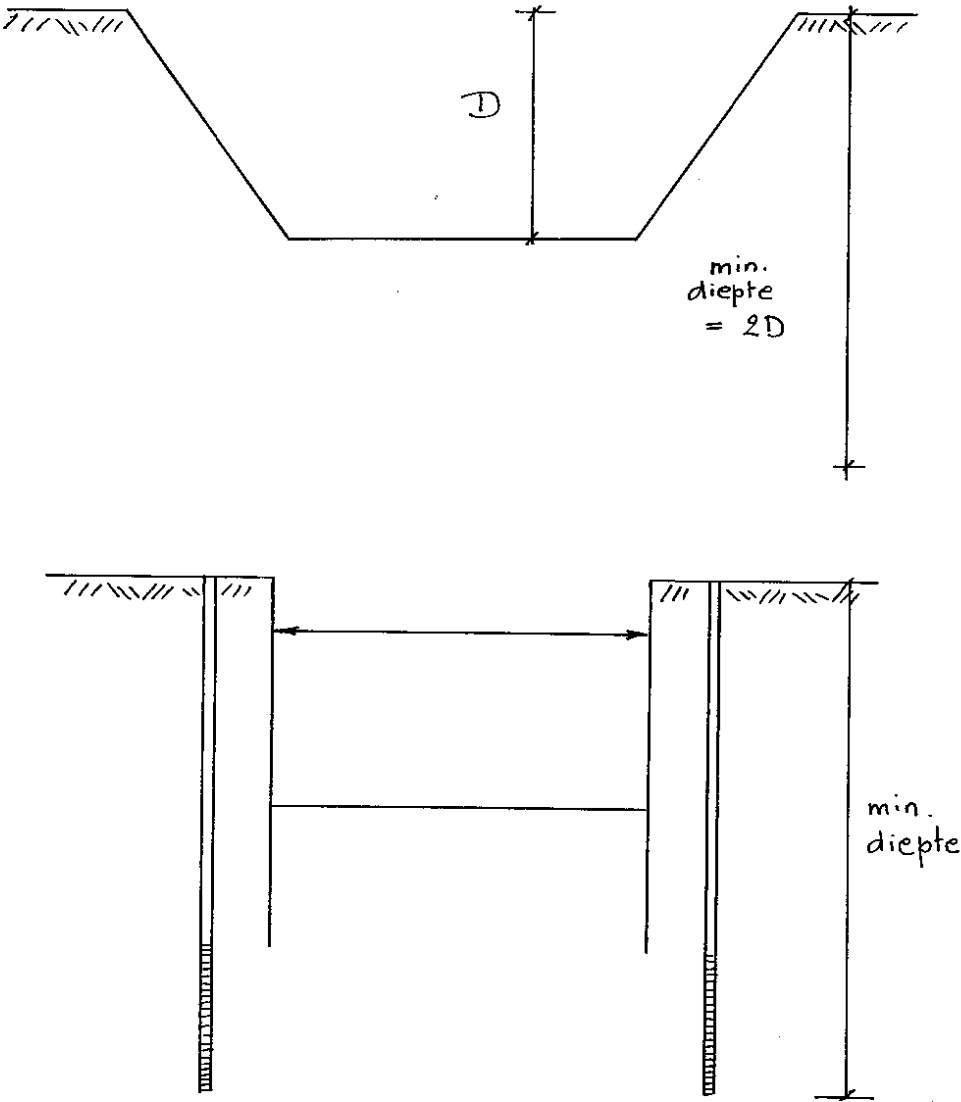


Figuur 1

Deze stroming zal evenwel meestal van die aard zijn dat het grondwaterpeil in het bovenste watervoerend pakket er niet in een belangrijke mate wordt door beïnvloed. Als gevolg daarvan kan er door het opmeten van het waterpeil in het sondeergat geen informatie worden verkregen i.v.m. het grondwaterpeil of beter gezegd de stijghoogte in de dieper gelegen watervoerende laag.

Diepsonderingen ten behoeve van ondergrondse constructies moeten in ieder geval worden uitgevoerd tot min. 2 maal de te realiseren uitgravingdiepte en liefst tot 2,5 maal de uitgravingdiepte (cfr. fig. 2). In sommige gevallen, bv. wanneer op een grotere diepte zeer goed doorlatende lagen

voorkomen kan het nodig zijn om de sonderingen tot een grotere diepte uit te voeren.



Figuur 2

## **2.4. Boringen.**

Boringen worden in het algemeen alleen uitgevoerd wanneer het van belang is om de samenstelling van de ondergrond nauwkeurig te kennen, bv.

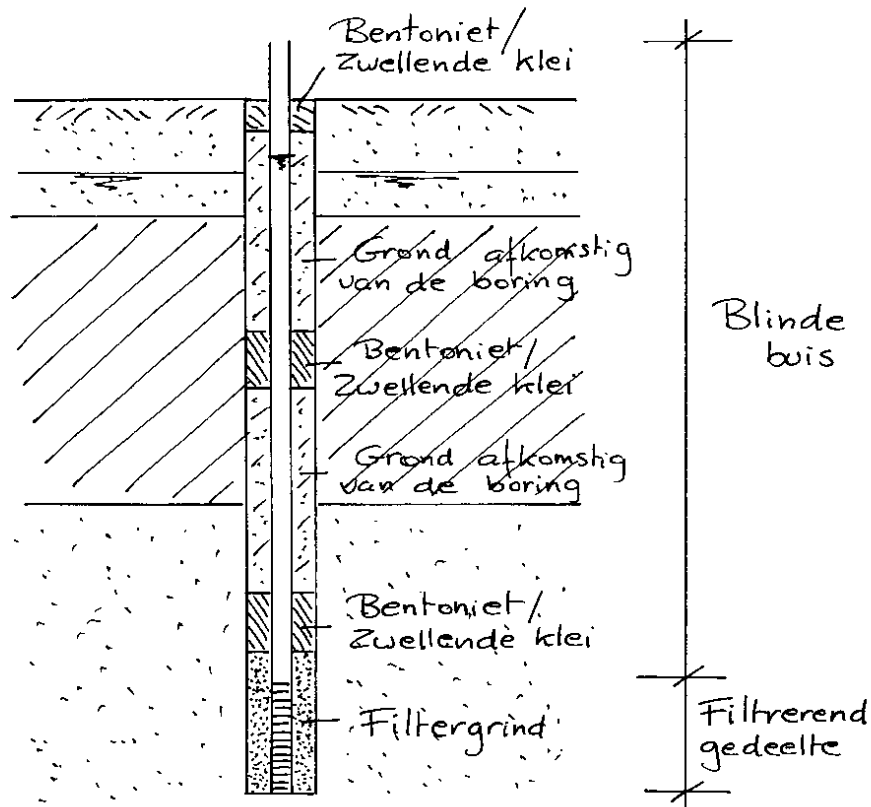
- wanneer de mogelijkheid bestaat dat er veen voorkomt in de ondergrond;
- wanneer de samenstelling (= korrelverdeling) van één of meerdere watervoerende lagen zal gebruikt worden voor het dimensioneren van de nodige bemalinginstallatie;
- voor diepe bouwputten is het meestal aangewezen om de schuifweerstandskarakteristieken af te leiden door middel van laboratoriumproeven (= triaxiaalproeven) op in de boringen ontnomen ongeroerde monsters.

Van de uitvoering van boringen wordt meestal gebruik gemaakt om in het boorgat een peilfilter aan te brengen.

## **2.5. Peilfilters.**

Indien men over betrouwbare informatie i.v.m. de grondwaterstand wil beschikken is het aangewezen om een voldoende tijd op voorhand één of meerdere peilfilters aan te brengen. Alleen op deze wijze kan informatie worden verkregen betreffende de exacte ligging van het grondwaterpeil en de mogelijke schommelingen ervan t.g.v. de seizoensinvloeden.

Peilfilter bestaan uit een PVC - buis die onderaan voorzien is van een filtrerend gedeelte (meestal een aantal zaagsneden die in de buis worden aangebracht). Wanneer peilfilters in een boorgat worden aangebracht wordt het filtrerend gedeelte omstort met filtergrind en wordt daarboven een kleistop aangebracht. Zodoende is de diepte waarop het waterpeil of stijghoogte gemeten wordt goed gelokaliseerd (cfr.fig.3). Ter hoogte van weinig doorlatende lagen dient het boorgat door middel van bentoniet of zwellende klei te worden afgedicht ten einde te voorkomen dat er via het boorgat een verbinding ontstaat tussen twee of meerdere watertafels. Tenslotte is het aangewezen om de laatste halve meter van het boorgat op te vullen met bentoniet of zwellende klei, ten einde te voorkomen dat er oppervlaktewater in het boorgat kan stromen.



Figuur 3

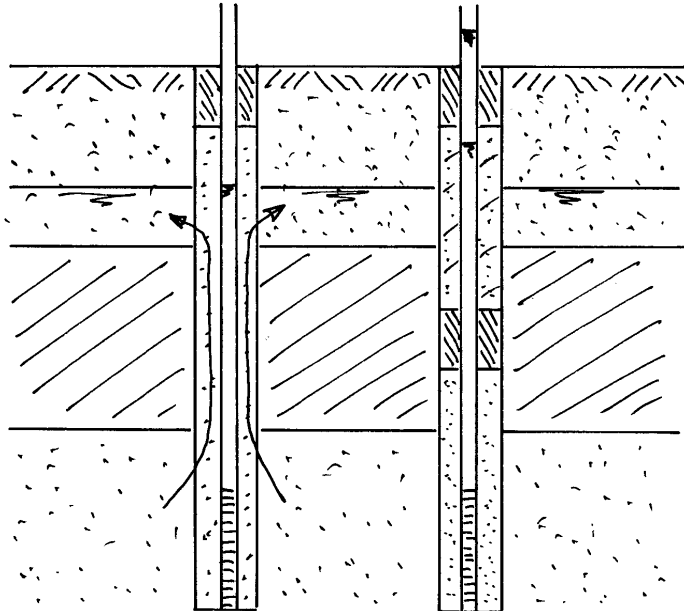
Peilfilters kunnen ook met behulp van een sondeerapparaat in de grond gedrukt worden. Het is dan ook aangewezen om boven het filtrerend gedeelte één of meerdere sondeerbuisen achter te laten zodat de diepte waarop het waterpeil gemeten wordt eveneens goed gelokaliseerd is.

Vooraleer er kan worden overgegaan tot de plaatsing van peilfilters moet de ligging van de watervoerende lagen gekend zijn. Het is daarom aangewezen om altijd eerst een aantal diepsonderingen uit te voeren en om eerst op basis van de resultaten van deze sonderingen de diepte van de peilfilters en de hoogte van het filtrerend gedeelte vast te leggen.

Wanneer er meerdere watervoerende lagen bestaan is het aangewezen om in ieder watervoerende laag minstens 1 peilfilter aan te brengen.

In Vlaanderen komt er op heel wat plaatsen onder de alluviale afzettingen een zandlaag voor waarin de stijghoogte hoger gesitueerd is dan het grondwaterpeil in de bovenlagen. Op sommige plaatsen komt zelfs artesisch water voor (= stijghoogte hoger dan het maaiveld). Zoals eerder is aangegeven kan de stijghoogte in een diepergelegen watervoerende laag niet worden afgeleid uit het waterpeil dat na de uitvoering van een diepsondering in het sondeergat wordt opgemeten. Via het sondeergat zal er dan wel een stroming

vanuit het diepergelegen watervoerende pakket naar de bovenlagen plaatsvinden maar deze stroming zal geen aanleiding geven tot een verhoging van het grondwaterpeil in de bovenlagen. Om dezelfde reden heeft het ook geen enkel zin om peilfilters aan te brengen met een filtrerend gedeelte dat meerdere watervoerende lagen overbrugt (cfr.fig. 4).



Figuur 4

Het opmeten van het waterpeil in een peilfilter kan manueel worden uitgevoerd, bv. om de 14 dagen. Momenteel zijn er evenwel ook zelfregistrerende waterspanningsmeters op de markt, die in een peilfilter kunnen worden opgehangen en waarmee het grondwaterpeil gedurende een zekere periode kan worden opgemeten met een vooraf in te stellen tijdsinterval, bv. om de 15 minuten. Op deze wijze kan gedetailleerde informatie worden verkregen i.v.m. de variatie van het grondwaterpeil of stijghoogte met de seizoenen en over de mogelijke beïnvloeding ervan door in de omgeving bestaande grondwaterwinningen en/of bemalingen.

## 2.6. Waterpeil in kleilagen.

Door het aanbrengen van peilfilters kan meestal geen betrouwbare informatie worden verkregen i.v.m. het in kleilagen bestaande waterpeil of stijghoogte. Wanneer toch een peilfilter wordt aangebracht in kleilagen, zal het bovendien meestal zeer lang duren vooraleer er zich een evenwichtstoestand zal instellen.

De in kleilagen bestaande waterspanning kan worden opgemeten met gesloten waterspanningsmeters. Daarbij moet er wel voor gezorgd worden dat het boorgat zeer goed wordt afgedicht zodat er via het boorgat geen waterinfiltratie kan ontstaan.



In de meeste gevallen zijn er geen gegevens van waterspanningsmetingen beschikbaar en wordt er bij het ontwerpen van ondergrondse constructies van uitgegaan dat het grondwaterpeil in de kleilaag zich ter hoogte van het grondoppervlak bevindt of op hetzelfde peil als in de boven de klei gelegen watervoerende laag.

## **2.7. Andere informatie i.v.m. de grondwaterstand.**

Nadat informatie verkregen is i.v.m. de grondwaterstand, is het bij het ontwerpen van ondergrondse constructies altijd aangewezen om navraag te doen of het grondwaterpeil ter plaatse mogelijks niet kunstmatig verlaagd wordt door grondwaterwinningen of bemalingen.

Wanneer het grondwaterpeil gedurende een lange periode kunstmatig verlaagd wordt, bv. ten behoeve van de uitvoering van grote infrastructuurwerken, komt het regelmatig voor dat bij de oprichting van in de omgeving gelegen constructies zonder meer wordt uitgegaan van het kunstmatig verlaagd grondwaterpeil. Van zodra de grondwaterverlaging wordt stopgezet kunnen er zich dan problemen voordoen waarbij kelders kunnen onder water lopen of keldervloeren gaan opbarsten. De maatregelen welke dan nodig zijn om de gevolgen van de verhoging van het grondwaterpeil tegen te gaan zijn dan meestal zeer kostelijk. In sommige gevallen heeft men er zelfs de voorkeur aan gegeven om het onderste ondergronds niveau gewoon onder water te zetten.

### 3. Fundering van kelderconstructies.

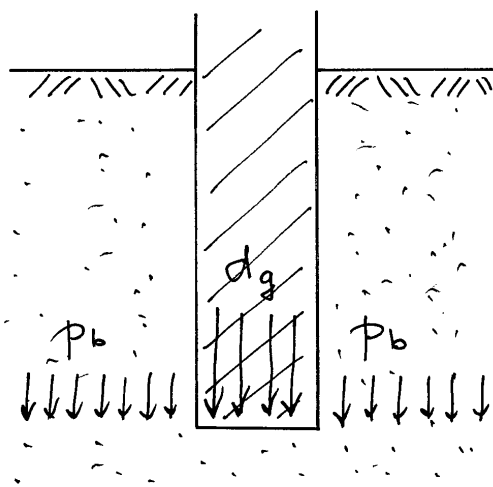
De funderingswijze van een kelderconstructie wordt meestal bepaald door de ligging van het grondwaterpeil en door het gewicht van de boven de kelder gelegen constructie. Volgende funderingstypes zijn mogelijk:

- fundering op alleenstaande of doorlopende zolen
- algemene funderingsplaat
- funderingsplaat met verzwaarde ribben
- paalfundering.

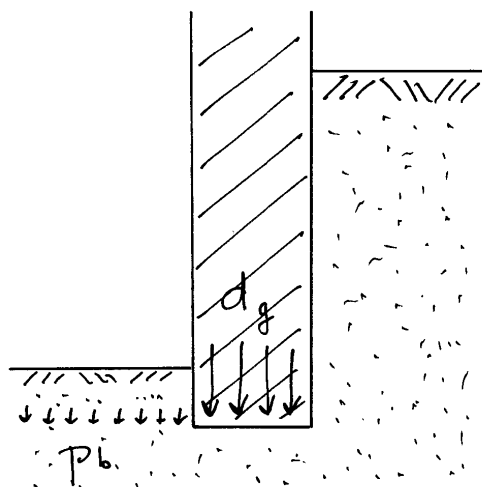
#### 3.1. Fundering op alleenstaande en/of doorlopende zolen.

Voor lichte constructies welke volledig boven het grondwaterpeil gelegen zijn wordt meestal een fundering met al of niet gewapende funderingszolen toegepast, dit voor zover de draagkracht van de grond het toelaat. Tussen de zolen in wordt dan een gewone vloerplaat aangebracht op volle grond. Deze vloerplaat moet er dan alleen voor zorgen dat de op de keldervloer uitgeoefende belasting wordt overgedragen aan de ondergelegen grond. In veel gevallen wordt daarvoor een betonplaat van beperkte dikte met een enkelvoudig wapeningsnet voorzien.

Bij het dimensioneren van een funderingszool voor een ondergrondse constructie kan het draagvermogen dat voor een doorlopende zool in de sondeerverslagen van heel wat firma's is opgenomen, niet zonder meer worden overgenomen. Het in de sondeerverslagen opgenomen draagvermogen wordt immers altijd berekend uitgaande van de aanname dat de grond naast de funderingszolen zich langs beide kanten ter hoogte van het maaiveld bevindt (cfr. fig. 5a).



Figuur 5a

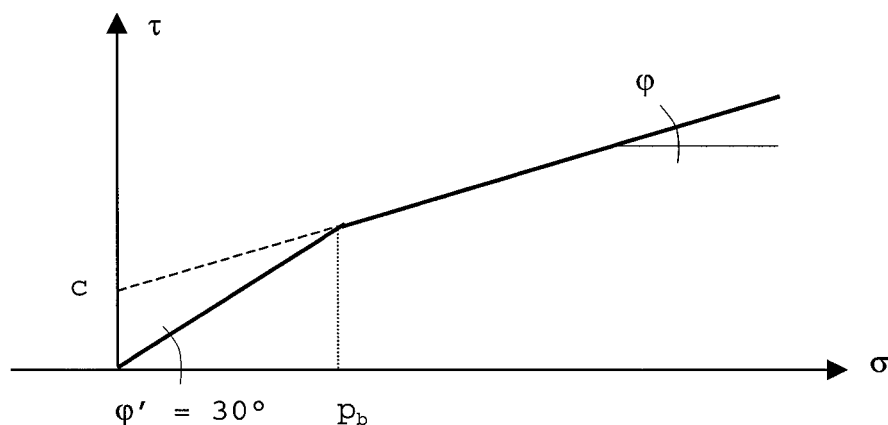


Figuur 5b

Bij funderingen van ondergrondse constructies is dit evenwel niet het geval, en dient het draagvermogen van de funderingszool te worden berekend uitgaande van de werkelijk bestaande nevenbelasting naast de funderingszool (cfr. fig. 5b).

In de meeste gevallen zal op de funderingszool van een ondergrondse constructie niet alleen een verticale kracht aangrijpen maar ook een horizontale kracht afkomstig van de gronddruk op de kelderdeur. Deze horizontale kracht dient bij de berekening van het draagvermogen van de funderingszool in rekening gebracht te worden.

Bij de berekening van het draagvermogen van funderingen wordt nog zeer dikwijls uitgegaan van de wrijvingshoeken welke worden afgeleid uit de resultaten van diepsonderingen volgens een door Prof. De Beer voorgestelde methode. Het ontgaat de meesten daarbij evenwel dat er bij het uitwerken van deze methode werd uitgegaan van een geknikte intrinsieke rechte (cfr. fig. 6) Als gevolg daarvan moeten de in de sondeerverslagen opgenomen waarden van de wrijvingshoek met de nodige omzichtigheid worden behandeld.



Figuur 6

Naar aanleiding van de invoering van Eurocode 7 zal in het Belgisch Nationaal Applicatie Document (NAD) worden voorgesteld om de wrijvingshoek eerder op basis van ervaringsgegevens uit de resultaten van diepsonderingen af te leiden. Een tabel, welke mogelijks in de NAD zal worden opgenomen, is weergegeven als Tabel 1.

{PRIVATE }Grondsoort	Bijmenging	Pakkingsdichtheid/{P RIVATE } consistente	q <sub>c</sub> (MPa)	R <sub>f</sub> (%)	γ boven FO (kN/m <sup>3</sup> )	γ beneden FO (kN/m <sup>3</sup> )	φ' (°)	c' (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)
grind	-	matig dicht	10-20	< 1%	18	20	35	0	-
			> 20		19	21		40	
zand	leem- of kleihoudend	matig dicht	10-20	1-2%	19	21	32	0	-
			> 20		20	22		37	
leem	leem- of kleihoudend	los matig dicht	2-4	< 1%	16	18	27	0	-
			4-10		17	19		30	
leem	leem- of kleihoudend	los matig dicht	> 10	1-2%	18	20	35	0	-
			2-4		16	18		25	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	0.4-1	2-4%	17	17	22	0	10
			1-2		18	18		22	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	2-4	2-4%	19	19	22	2	25
			> 4		20	20		4	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	> 4	2-4%	20	20	22	8	100
			0.4-1		17	17		0	
leem	zandhoudend	Weinig vast matig vast vrij vast vast	1-2	1-3%	18	18	25	2	25
			2-4		19	19		4	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	> 4	3-6%	20	20	25	8	100
			0.4-1		16	16		2	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	1-2	3-6%	17	17	20	4	50
			2-4		18	18		8	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	> 4	3-6%	19	19	20	15	200
			0.4-1		16	16		2	
leem	zandhoudend	Weinig vast matig vast vrij vast vast	1-2	2-5%	17	17	22	2	20
			2-4		18	18		4	
leem	-	Weinig vast matig vast vrij vast vast	> 4	2-5%	19	19	22	15	200
			0.4-1		16	16		2	
veen	-	Weinig vast matig vast vast	0.2-0.5	> 6%	10	10	15	2	10
			0.5-1		12	12		5	
veen	-	Weinig vast matig vast vast	> 1	> 6%	14	14	15	10	40
			0.2-0.5		10	10		2	

Tabel 1

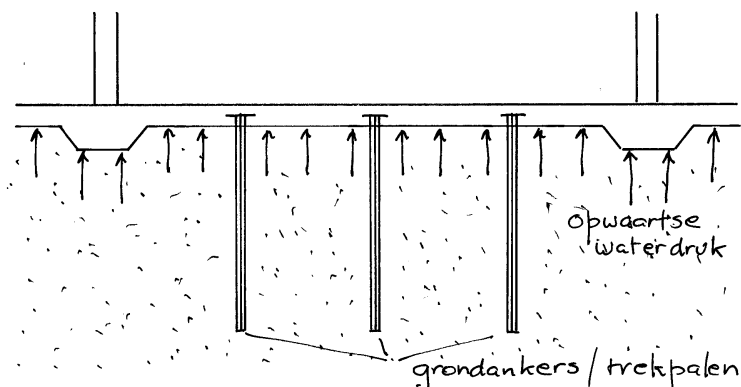
### 3.2. Algemene funderingsplaat.

Een algemene funderingsplaat met constante dikte wordt meestal voorzien wanneer de keldervloer onder het grondwaterpeil gelegen is of wanneer deze wordt aangelegd op een weinig draagkrachtige ondergrond. De funderingsplaat moet dan terdege gedimensioneerd worden zodat de erop uitgeoefende grond- en waterdrukken zonder problemen kunnen worden opgenomen.

Aan de uitvoering van een dergelijke algemene funderingsplaat moet bijzondere aandacht besteed worden ten einde de waterdichtheid ervan te verzekeren. Zo moet er ten alle prijze voorkomen worden dat er doorgaande kripscheuren kunnen ontstaan. Zeer grote funderingsplaten moeten daarom in verschillende moten worden uitgevoerd. Ter plaatse van de aansluiting tussen de moten dienen speciale voegen of dichtingen te worden aangebracht.

Voor de dimensionering van algemene funderingsplaten wordt tegenwoordig veelal gebruik gemaakt van de theorie van de elastisch ondersteunde plaat. Een probleem dat zich daarbij stelt is dat er geen algemeen aanvaarde regels bestaan voor het bepalen van de in rekening te brengen beddings- of veerconstanten. Voor belangrijke ontwerpen is het aangewezen om de gevoeligheid van de voor deze parameters in rekening gebrachte waarden te onderzoeken. Verder is het ook evident dat de theorie van de elastisch ondersteunde ligger alleen mag worden toegepast voor de korrelspanningen en niet voor de waterdrukken.

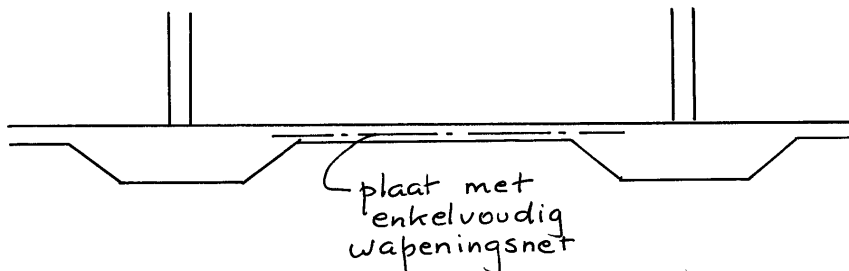
Wanneer belangrijke waterdrukken aangrijpen op de funderingsplaat van een ondergrondse constructie waarin grote overspanningen voorkomen, dan kan het interessant zijn om grondankers te voorzien ten einde de momenten in de funderingsplaat te beperken (cfr. fig. 7). Op deze wijze wordt zeer dikwijls een economische oplossing verkregen ook in gevallen waarbij het niet nodig is om de grondankers aan te brengen ten einde opdrijven tegen te gaan.



Figuur 7

### 3.3. Funderingsplaat met verzwaarde ribben.

In nogal wat gevallen wordt er geopteerd voor een tussenoplossing waarbij er onder de wanden of kolommen een doorlopende funderingszool van gewapend beton wordt voorzien met daartussen een betonplaat met een beperkte dikte en voorzien van een enkelvoudig wapeningsnet. Dergelijke oplossing is alleen aanvaardbaar wanneer de vloerplaat geen waterdrukken moet opnemen (cfr. fig 8).



Figuur 8

Bij de dimensionering van een dergelijke funderingsplaat moet er dan ook voor gezorgd worden dat de belasting uitsluitend via de doorlopende funderingszolen wordt overgedragen aan de ondergelegen grond en dat er zich geen belangrijke zettingsverschillen voordoen tussen de zolen en de tussengelegen plaat. Er mag dan in geen geval op gerekend worden dat er via de tussengelegen plaat ook belasting afkomstig van de stuktuur kan worden overgedragen aan de ondergelegen grond.

In de praktijk doen er zich regelmatig problemen voor met dergelijke funderingsplaten, vooral wanneer ze door waterdruk belast worden of wanneer de doorlopende funderingszolen onvoldoende gedimensioneerd zijn.

### 3.4. Paalfundering.

Wanneer er op het niveau van de keldervloer geen voldoende draagkrachtige laag wordt aangetroffen is het aangewezen om de kelderconstructie op palen te funderen. Een speciale situatie doet zich voor wanneer deze palen zowel op druk als op trek kunnen belast worden. Het is dan aangewezen om bij de dimensionering van de palen een grotere veiligheidscoëfficiënt in rekening te brengen.

Aan de tussen de paalkoppen gelegen vloer worden geen speciale eisen gesteld wanneer deze altijd boven het grondwaterpeil gelegen is of wanneer er een algemene drainering wordt aangebracht. In dergelijke gevallen kan er worden volstaan met een plaat van beperkte dikte en voorzien van een enkelvoudig wapeningsnet.

### **3.5. Speciale maatregelen bij ongelijkmatig belaste funderingen.**

Bij kelderconstructies welke sterk ongelijkmatig belast worden is de kans reëel dat er zich ongelijkmatige zettingen zullen voordoen. De meest drastische ingreep bestaat er in dergelijke gevallen in om de ongelijkmatig belaste delen volledig afzonderlijk te bezien en tussen beide een zettingsvoeg te laten aanbrengen. Bij kelderconstructies welke onder het grondwaterpeil gelegen zijn levert een dergelijke zettingsvoeg evenwel zeer dikwijls problemen op als gevolg van een gebrekkige waterdichtheid.

In de meeste gevallen is de stijfheid van een kelderconstructie te gering om er te kunnen op rekenen dat er veel belasting wordt overgedragen van het zwaar belaste naar het minder belaste gedeelte.

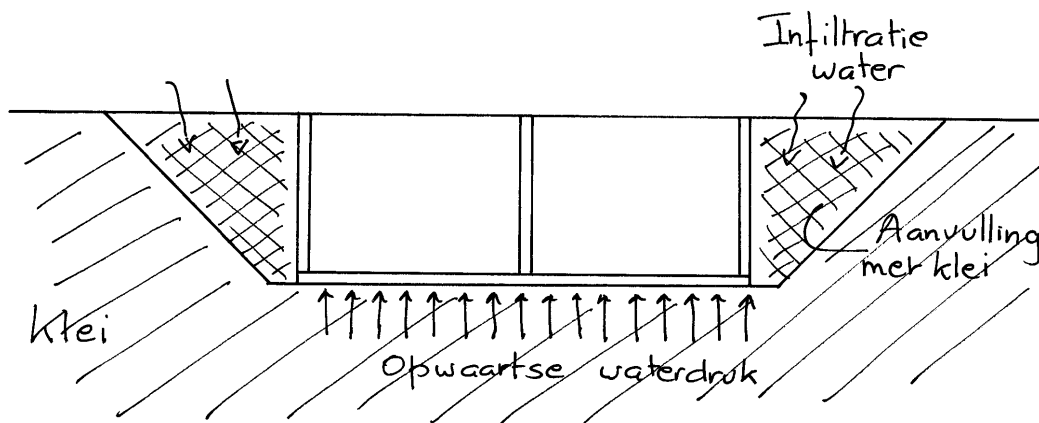
Mogelijke maatregelen om de gevolgen van de zettingsverschillen tussen ongelijkmatig belaste delen zoveel mogelijk te beperken bestaan erin om tijdens de constructiefase een opening tussen beide delen in stand te houden en om de verbinding dan slechts te realiseren wanneer het grootste deel van de zettingen reeds heeft plaatsgevonden.

Het is evenwel zonder meer duidelijk dat de fundering van ongelijkmatig belaste kelderconstructies altijd het voorwerp moet uitmaken van een gedetailleerde studie, waarbij terdege rekening moet gehouden worden met de stijfheid van de constructie en van de erondergelegen grond.

#### 4. Speciale aandachtspunten voor funderingen aangelegd op kleigronden.

##### 4.1. Al of niet in rekening brengen van opwaartse waterdruk.

Bij algemene funderingsplaten die worden aangelegd op overwegend kleiige gronden moet de opwaartse waterdruk op de funderingsplaat meestal in rekening gebracht worden. Dat is ook het geval wanneer er omheen de ondergrondse constructie werd aangevuld met weinig doorlatende gronden (bv. klei en leem), (cfr. fig. 9). Er moet immers worden van uitgegaan dat de grond naast en onder de algemene funderingsplaat zich na verloop van tijd zal verzadigen door waterinfiltratie via de aanvullingen omheen de ondergrondse constructie, en dat er als gevolg daarvan een waterdruk zal ontstaan op de algemene funderingsplaat.



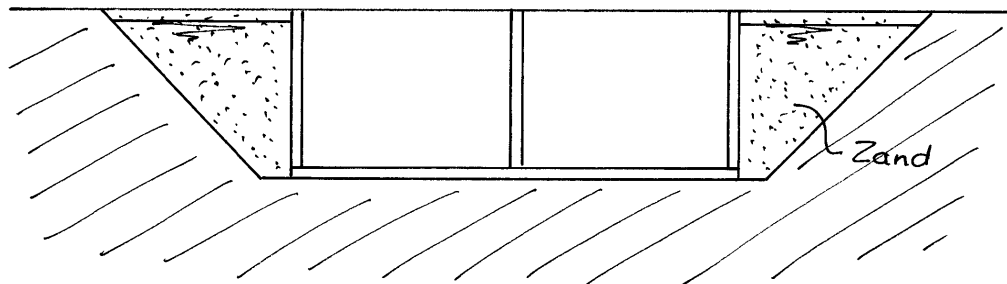
Figuur 9

Er bestaan zeer veel constructies waarbij de funderingsplaat is aangelegd op klei en waarbij de algemene funderingsplaat alleen op de gronddrukken werd gedimensioneerd. In heel wat van die funderingsplaten zijn er evenwel na verloop van tijd scheuren ontstaan via dewelke dan water is kunnen stromen. Als gevolg daarvan is dan ook de waterdruk afgenomen. Wanneer de aanvullingen omheen de ondergrondse constructie met weinig doorlatende materialen zijn uitgevoerd, zal de wateruittrede via deze scheuren in het algemeen zeer beperkt zijn. Het dichtmaken van de scheuren levert in dergelijke gevallen meestal geen blijvende oplossing op omdat de volledige waterdruk zich dan opnieuw zal instellen en er als gevolg daarvan opnieuw scheuren zullen ontstaan.

Een veel ergere situatie doet zich voor wanneer er omheen de ondergrondse constructie wordt aangevuld met goed doorlatende materialen zoals goed doorlatend zand. In dergelijke gevallen zal er zich bijna zeker oppervlakte water verzamelen in de aanvulling waardoor er zich na verloop van tijd een waterpeil zal instellen dat dicht bij het grondoppervlak gelegen is



(cfr. fig. 10). Het in rekening brengen van de opwaartse waterdruk is dan zeker noodzakelijk.



Figuur 10

Wanneer er omheen de ondergrondse constructie wordt aangevuld met goed doorlatende materialen is het ook nodig om maatregelen te voorzien ten einde te voorkomen dat de constructie tijdens de uitvoeringsfase gaat opdrijven. Een hevige regenbui kan dan immers volstaan om het omheen de constructie aangebrachte zand te verzadigen en om de constructie te doen opdrijven. De aangewezen maatregel bestaat erin om op de bodem van de aanvulling een draineerbuis aan te brengen en deze aan te sluiten op een vacuümpomp of op een afvoerput.

#### **4.2. Mogelijke zwelling van de onder de fundering gelegen klei.**

Wanneer kleigronden volledig worden ontlast kan er zich een belangrijke zwelling voordoen. Een dergelijke zwelling kan zich bijvoorbeeld voordoen wanneer ondergrondse constructies worden gerealiseerd, waarbij de normaal aangehouden veiligheid t.a.v. opdrijven maar juist beschikbaar is. In de definitieve toestand zullen er in de onder de algemene funderingsplaat gelegen klei maar zeer geringe korrelspanningen bestaan en kunnen er belangrijke zwellingen te verwachten zijn.

Een probleem bij het inschatten van de mogelijk te verwachten zwellingen is dat er daaromtrent maar zeer weinig informatie beschikbaar is.

Indien de onder de funderingsplaat gelegen klei in een belangrijke mate wordt ontlast, is het aangewezen om in de onder de funderingsplaat gelegen kleilaag ongeroerde monsters te ontnemen en om daarop samendrukkingproeven uit te voeren waarbij ook de ontlastingsconstante wordt bepaald.

## **5. Maatregelen om opdrijven van ondergrondse constructies tegen te gaan.**

Wanneer de kans bestaat dat de opwaartse waterdruk op de ondergrondse constructie groter kan worden dan het gewicht van de kelder dan dienen er maatregelen te worden voorzien. Dit kan onder meer het geval zijn bij ondergrondse parkeergarages of kelders zonder bovenbouw of ondergrondse reservoirs of bekkens (bv. bij waterzuiveringstations). Voor het nazicht of er al dan niet gevaar voor opdrijven bestaat, dient er te worden uitgegaan van de hoogst mogelijk gelegen grondwaterstand.

Het is meestal niet eenvoudig om deze grondwaterstand vast te leggen, zeker niet wanneer er maar weinig informatie i.v.m. het grondwaterpeil beschikbaar is. Een veilige aanname bestaat er nogal eens in om het in rekening te brengen grondwaterpeil ter hoogte van het bestaande maaiveld of grondoppervlak te leggen. In het algemeen wordt evenwel een waterpeil in rekening gebracht dat 1,0 m of 0,50 m boven het hoogst gekende grondwaterpeil gelegen is.

Wanneer er geen voldoende veiligheid bestaat t.a.v. opdrijving dienen er maatregelen te worden genomen. Deze maatregelen kunnen bestaan in:

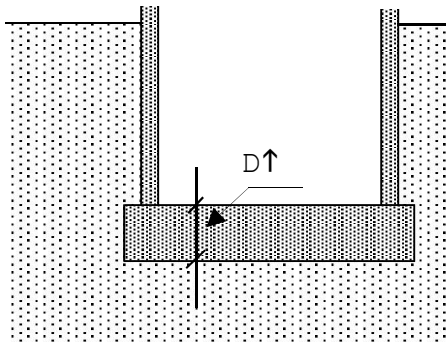
- een verhoging van het gewicht van de constructie
- het verminderen van de opwaartse waterdruk
- het aanbrengen van trekelementen.

### **5.1. Een verhoging van het gewicht van de constructie.**

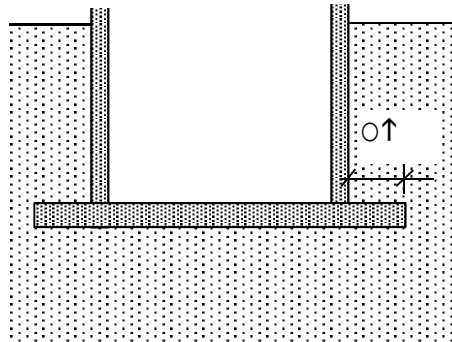
Dergelijke verhoging van het gewicht van de constructie bestaat meestal in het verzwaren van de vloerplaat. Een verhoging van de dikte van de vloerplaat heeft dan wel meestal tot gevolg dat er een diepere bouwput moet worden aangelegd (cfr.fig. 11).

Bij relatief kleine constructies is het ook mogelijk om een verhoging van het gewicht van de constructie te realiseren door middel van een oversteek aan de vloerplaat (cfr.fig. 12). Het gewicht van de grond die boven deze oversteek gelegen is mag dan samen met het eigengewicht van de constructie in rekening gebracht worden.

Bij constructies met grote afmetingen is deze maatregel evenwel minder efficiënt.



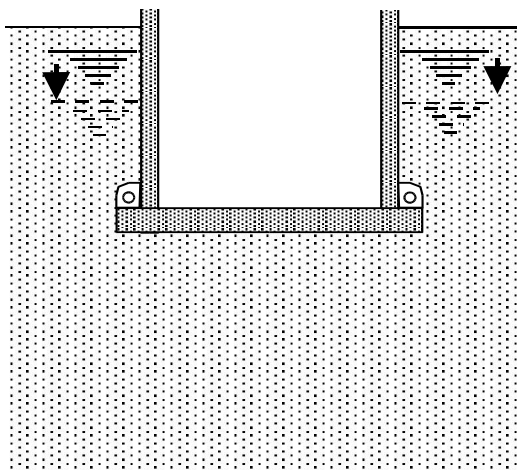
Figuur 11



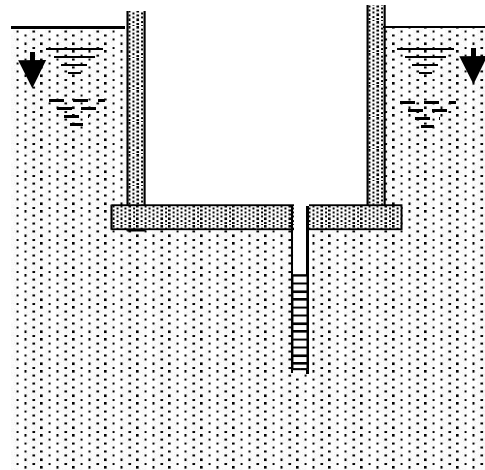
Figuur 12

## 5.2. Het verminderen van de opwaartse waterdruk.

Het verminderen van de opwaartse waterdruk kan worden gerealiseerd door het aanbrengen van een permanente bemaling bv. door middel van horizontale drains (cfr. fig. 13a) of door middel van ontrekkingsputten (cfr. fig. 13b). Het plaatsen van een permanente bemaling heeft dan wel tot gevolg dat er permanent water dient te worden opgepompt gedurende de volledige levensduur van de constructie. Het is dan in ieder geval aangewezen om op voorhand een raming op te maken van het energieverbruik dat met het oppompen van het water zal gepaard gaan.



Figuur 13a

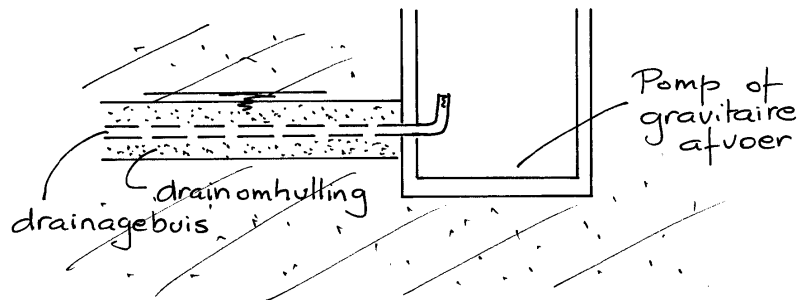


Figuur 13b

Bij het aanbrengen van horizontale drains moet ervoor gezorgd worden dat er via de drain geen grond van onder de funderingen kan worden weggezogen. De drain wordt daarom best naast en zeker niet onder de funderingen aangebracht. Verder is het aangewezen dat de drainering toegankelijk blijft zodat reiniging ervan mogelijk is in geval van verstopping.

Bij het aanbrengen van horizontale drains bestaat er een reëel gevaar dat de levensduur van de drains kleiner zal zijn dan die van het gebouw. Er wordt dan best rekening mee gehouden dat de drains na verloop van tijd zullen moeten vervangen worden.

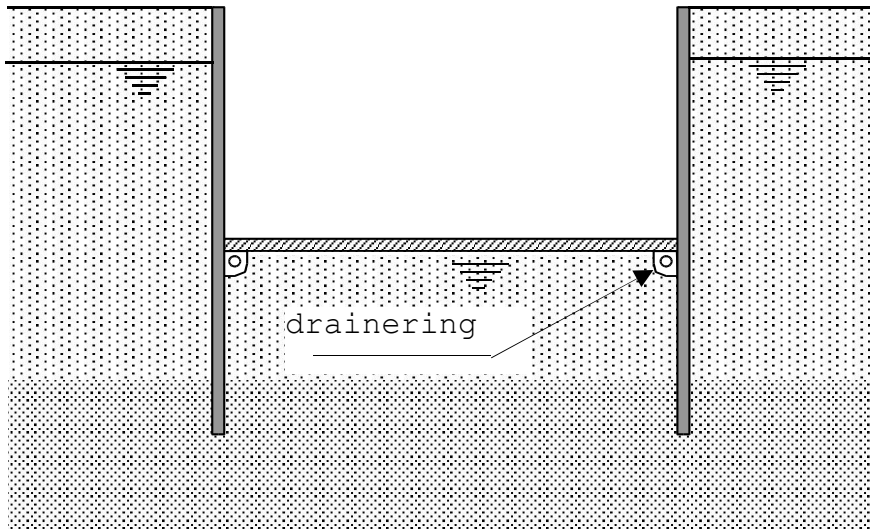
Ten einde de goede werking van een drainering zolang mogelijk te kunnen verzekeren is het aangewezen om maatregelen te voorzien ten einde te voorkomen dat het af te voeren water in de draineerbuis belucht wordt. Dit is gemakkelijk te realiseren door de afvoer van de drainering te laten plaatsvinden via een overloopsysteem (cfr. fig. 14). Op deze wijze blijft de drainering ten allen tijde onder water en wordt het af te voeren water zo weinig mogelijk belucht. Dergelijke voorzorgsmaatregel is zeker noodzakelijk wanneer het af te voeren water ijzerhoudend (bij glauconiethoudende zanden) of kalkhoudend is.



Figuur 14

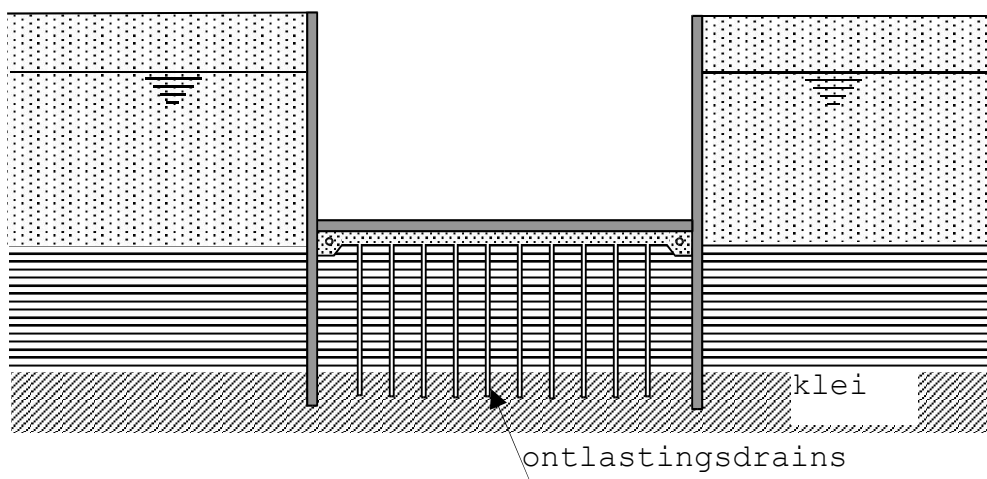
Onttrekkingsputten worden meestal slechts aangebracht wanneer het grondwaterpeil verkeerd werd ingeschat, bv. wanneer er geen rekening werd gehouden met de invloed van bestaande tijdelijke grondwaterverlagingen.

Het aanbrengen van een permanente bemaling is vooral interessant wanneer de constructie omringd is door een weinig doorlatend scherm dat reikt tot in een kleilaag (cfr. fig. 15). De hoeveelheid op te pompen water is dan beperkt. In het algemeen wordt het waterpeil dan neergeslagen tot onder de onderkant van de keldervloer. Daardoor kan deze keldervloer relatief licht worden uitgevoerd, zeker wanneer bv. de structuur op palen gefundeerd wordt.



Figuur 15

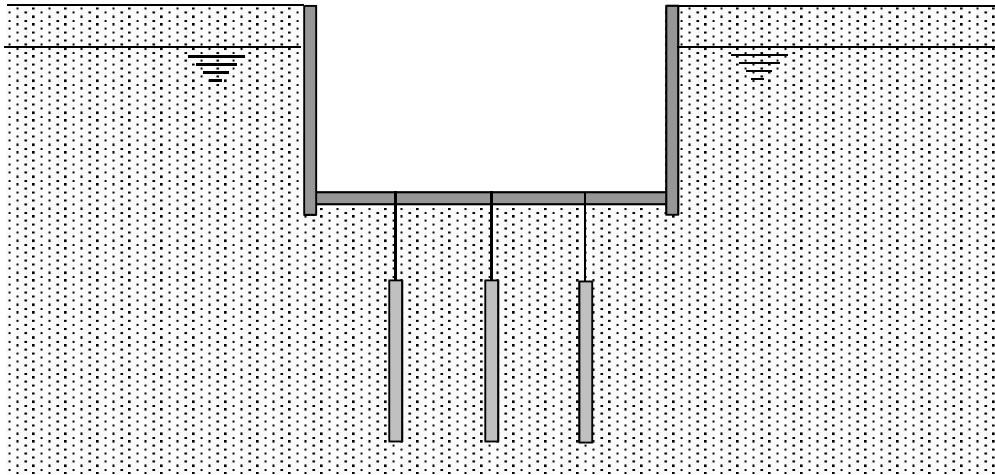
Wanneer onder de keldervloer een gelaagde grondstructuur wordt aangetroffen is het in dergelijke gevallen wel aangewezen om tot op een zekere diepte ontlastingsdrains te voorzien (cfr.fig. 16). Deze moeten er dan voor zorgen dat er geen waterdruk kan worden opgebouwd in meer doorlatende lagen welke via openingen in de schermwand in contact zouden komen te staan met het grondwater buiten de schermwand. Dergelijke oplossing wordt regelmatig toegepast te Brussel voor gebouwen welke worden opgericht in de vallei van de Zenne (Anspachlaan - Noordstation).



Figuur 16

### 5.3. Het aanbrengen van verticale trekelementen onder de vloerplaat:

Deze trekelementen zorgen er dan voor dat een gedeelte van het gewicht van de grond onder de vloerplaat mee in rekening mag worden gebracht met het gewicht van de constructie. Dergelijke trekelementen kunnen worden gevormd door trekpalen, grondankers of slibwandpanelen (cfr.fig. 17).



Figuur 17

Bij het dimensioneren van deze trekelementen moet er rekening worden gehouden met de op te nemen trekkrachten, de aard van de grond, het type van de verankering en de tussenafstand van de trekelementen. Mits een oordeelkundige keuze van de tussenafstand en de schikking van deze trekelementen is het meestal mogelijk om de momenten in de funderingsplaat in een belangrijke mate te beperken.

Bij bepaalde constructies (bv. ondergrondse reservoirs) kunnen er situaties voorkomen waarbij deze trekelementen ook regelmatig op druk belast worden. In dergelijke gevallen dient er een hogere veiligheidscoëfficiënt te worden ingevoerd dan deze welke normaal voor permanent op trek belaste elementen wordt toegepast.

## 6. Uitvoering van ondergrondse constructies

### 6.1. Inleiding.

Om de realisatie van een kelder vlot te laten verlopen dient er reeds bij het opstellen van de architectuurplannen terdege rekening te worden gehouden met de aan te houden uitvoeringsmethode voor het aanleggen van de bouwput en met de eventueel nodige speciale maatregelen. Dergelijke speciale maatregelen moeten onder meer voorzien worden:

- wanneer er naast bestaande constructies gewerkt wordt
- wanneer de invloed van de grondwaterverlaging moet beperkt worden
- wanneer er gevaar bestaat dat de kelder gaat opdrijven
- wanneer er verontreinigingen voorkomen in de ondergrond.

De voor het aanleggen van de bouwput toe te passen uitvoeringsmethodes zijn sterk verschillend alnaargelang men te maken heeft met een gewone open bouwput waarbij de taluds onder een zekere helling worden aangelegd, of met een bouwput waarvan de wanden verticaal beschoeid worden (eventueel naast bestaande constructies) en alnaargelang er al dan niet onder het grondwaterpeil moet uitgegraven worden.

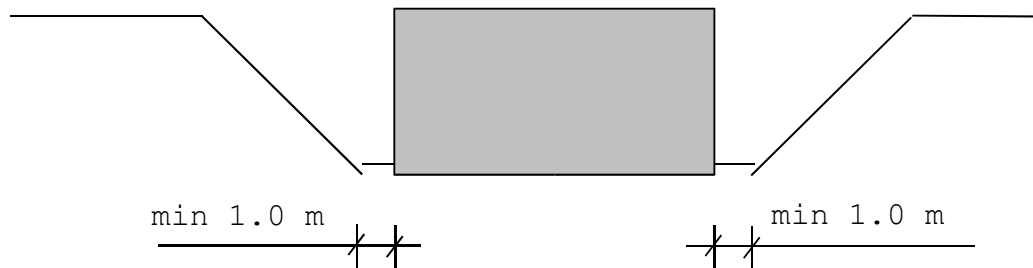
In hetgeen volgt zal er achtereenvolgens aandacht worden besteed aan:

- het aanleggen van open bouwputten = grondwerk en aanleggen van taluds;
- het verlagen van het grondwaterpeil;
- het aanbrengen van verticale beschoeiingen;
- de zijdelingse ondersteuning van deze beschoeiingen;
- de mogelijke problemen bij het aanleggen van bouwputten naast bestaande funderingen, inclusief het verdiepen van bestaande funderingen;
- de mogelijke problemen als gevolg van de aanwezigheid van verontreinigde gronden.

### 6.2. Aanleggen van open bouwputten.

Wanneer er geen rekening moet worden gehouden met bestaande constructies (wegen, gebouwen...) of eigendomsgrenzen, dan bestaat de meest eenvoudige uitvoeringswijze erin om een open bouwput aan te leggen. De grond wordt dan gewoon onder een bepaalde helling afgegraven tot op de gewenste diepte en over een oppervlakte welke minstens tot 1m buiten de te realiseren constructie reikt (cfr.fig. 18). Het aanhouden van een zekere overbreedte is absoluut noodzakelijk om de uitvoering van de kelderconstructie vlot te laten verlopen. De helling welke voor de aan te leggen taluds kan worden aangehouden wordt bepaald door:

- de uitgravingdiepte
- de samenstelling van de grond
- de ligging van het grondwaterpeil
- de duur van de werken (= periode tijdens dewelke de taluds moeten in stand gehouden worden).



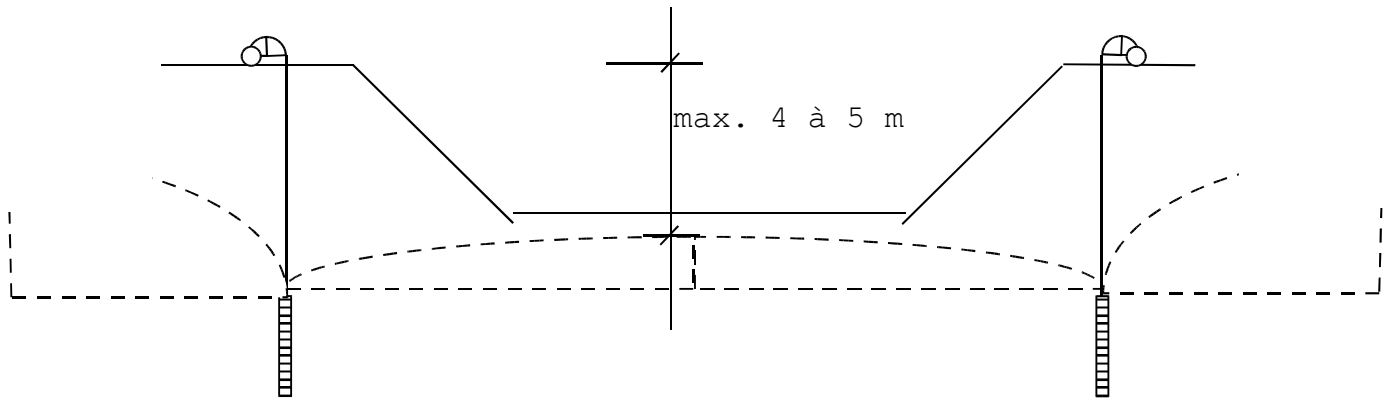
Figuur 18

Bij de keuze van de aan te houden hellingen wordt meestal gesteund op ervaringsgegevens. In veel gevallen is het mogelijk om de taluds onder een helling van 4/4 aan te leggen. Voor taluds met een hoogte groter dan 5m is het wel aangewezen om tussenbermen te voorzien.

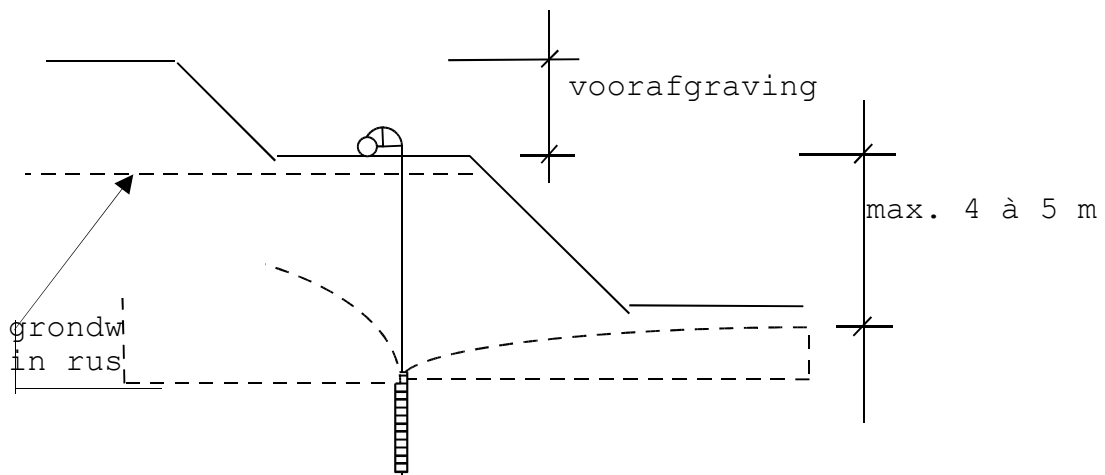
### 6.3. Het verlagen van het grondwaterpeil.

Indien de bouwput reikt tot onder het grondwaterpeil dan dient er een grondwaterverlaging te worden doorgevoerd. Verlagen van het grondwaterpeil tot 4 à 5m diepte kunnen worden gerealiseerd door middel van verticale filters welke op een zuigleiding en een vacuümpomp worden aangesloten (cfr.fig. 19). Men dient er dan bij het ontwerp wel rekening mee te houden dat de verlaging moet worden gerekend t.o.v. het peil van de zuigleiding en niet t.o.v. het bestaande grondwaterpeil (cfr.fig. 20). Wanneer het grondwaterpeil zich op een zekere diepte onder het grondoppervlak bevindt is het aangewezen om eerst een voorafgraving door te voeren, bv. tot 0,50m boven het grondwaterpeil. Het uitvoeren van de grondwerken moet dan wel in twee fasen gebeuren.



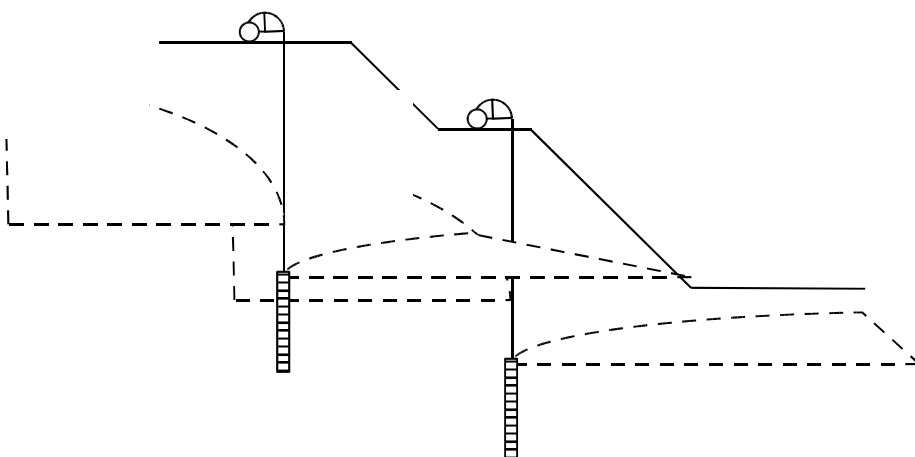


Figuur 19



Figuur 20

Grotere verlagingen van het grondwaterpeil kunnen gerealiseerd worden met behulp van twee of meer rijen verticale filters of met behulp van dieptebronnen (cfr.fig. 21).



Figuur 21

Bij het uitvoeren van een grondwaterverlaging moet er steeds worden nagegaan of er binnen de invloedszone van de bemaling geen schade kan worden teweeggebracht.

Een verlaging van het grondwaterpeil geeft immers altijd aanleiding tot een toename van de korrelspanningen in de grondlagen welke onder het oorspronkelijk grondwaterpeil gelegen zijn. Wanneer er in de ondergrond sterk samendrukkende lagen voorkomen kunnen er als gevolg van deze toename van de korrelspanningen belangrijke zettingen ontstaan. Belangrijke zettingen kunnen zich ook voordoen ten gevolge van de uitdroging van veen en/of veenhoudende gronden.

In bepaalde gevallen is het geen eenvoudige opgave om na te gaan of er al dan niet ontoelaatbare zettingen te verwachten zijn. Dit heeft vooral te maken met het feit dat er voor de volledige invloedszone van de grondwaterverlaging moet worden onderzocht of er sterk samendrukbare lagen voorkomen en welke zettingen er zich kunnen voordoen. Op basis van hetgeen voorafgaat is het dan ook niet verwonderlijk dat wanneer er tijdens een grondwaterverlaging ergens schade ontstaat dit meestal aanleiding geeft tot betwistingen en langdurige gerechtelijke procedures.

Dit heeft in de eerste plaats te maken met het feit dat de afstand tot waar de invloed van een grondwaterverlaging zich uitstrekt niet op een éénduidige wijze kan worden berekend. Voor grondwaterverlagingen van beperkte omvang en beperkte duur (hoogstens enkele maanden) kan een vrij goede benadering van de invloedsstraal verkregen worden met de empirische formule van Sichardt:

$$R = 3000 \cdot \Delta \cdot \sqrt{k}$$

met  $R$  = de invloedsstraal (in meter)

$\Delta$  = de verlaging (in meter)

$k$  = de doorlatendheidscoëfficiënt (in m/sec).

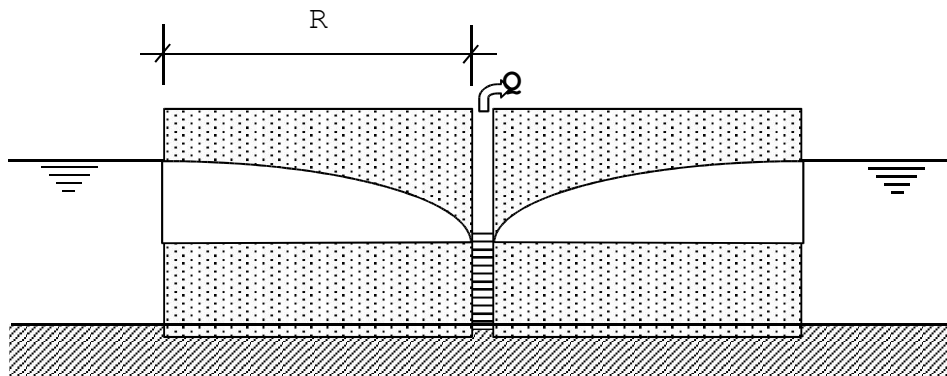
Voor bemalingen van lange duur in goed doorlatende gronden kan de invloedsstraal gemakkelijk 2 tot 3 maal groter worden. De voeding via de neerslag, vijvers of rivieren speelt dan een belangrijke rol.

De invloedszone van grondwaterverlagingen in gespannen water is in het algemeen zeer groot (tot 2 km en meer).

De waarde van de invloedsstraal wordt dan bepaald door de doorlatendheid van de weinig doorlatende bovenlagen en door de afstand tot de plaats waar de watervoerende laag gevoed wordt.

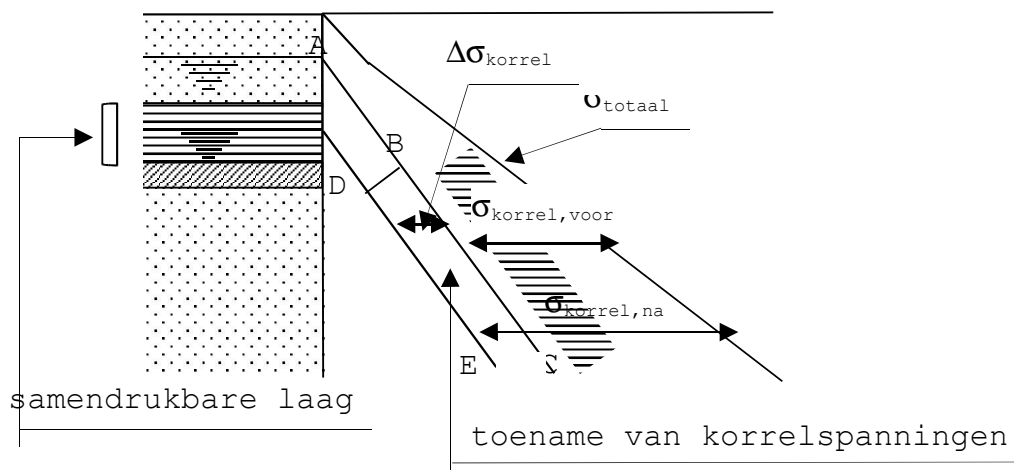
De keuze van de invloedsstraal is in de meeste gevallen bepalend voor het verloop van de berekende grondwaterverlagingen. Bij het opstellen van de meeste formules wordt er immers van uitgegaan dat er aan de randen

d.w.z. voorbij de invloedsstraal een onbeperkte voeding kan plaats vinden (cfr.fig. 22). Men dient er rekening mee te houden dat dit in het algemeen niet overeenstemt met de werkelijkheid. De problematiek i.v.m. het inschatten van de invloedsstraal kan ook niet worden opgelost door gebruik te maken van mathematische modellen. De in deze modellen opgelegde randvoorwaarden zijn immers ook bepalend voor de berekende verlagingen.



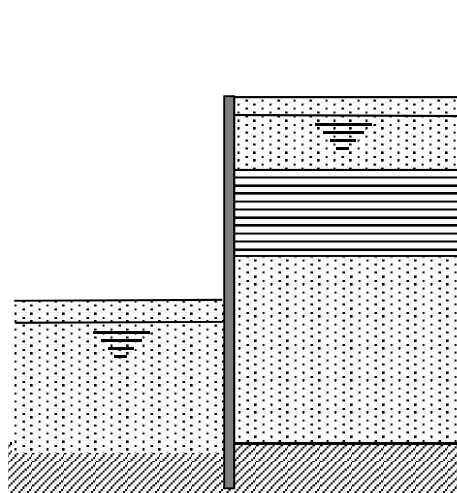
Figuur 22

Verder is het lang niet zo dat er altijd belangrijke zettingen ontstaan wanneer het grondwaterpeil verlaagd wordt in een zone waar sterk samendrukbare lagen voorkomen. Wanneer er bv. onderaan de sterk samendrukbare lagen een zeer weinig doorlatende laag voorkomt kan het gebeuren dat de verlaging van de stijghoogte in een dieper gelegen zandlaag geen aanleiding geeft tot een verlaging van het waterpeil in de sterk samendrukbare lagen (cfr.fig. 23). De toename van de waterspanningen met de diepte verloopt dan volgens de lijn ABDE. Als gevolg daarvan is er geen variatie van de waterspanningen over de hoogte van de samendrukbare laag en dus ook geen variatie van de korrelspanningen en dus ook geen zettingen. Dergelijke situatie kan uiteraard niet veralgemeend worden maar verklaart wel waarom er zich op sommige plaatsen geen schade voordoet ondanks het feit dat het grondwaterpeil werd verlaagd en er sterk samendrukbare lagen in de ondergrond voorkomen.

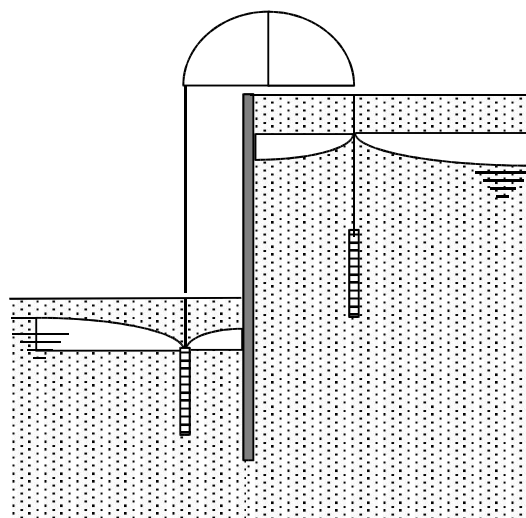


Figuur 23

Wanneer er een reëel gevaar bestaat dat er door een grondwaterverlaging schade kan worden teweeggebracht is het aangewezen dat er reeds in de ontwerpfase aangepaste maatregelen worden voorzien. Dergelijke maatregelen kunnen bestaan in het hydraulisch afschermen van de bouwput door middel van waterdichte schermen of in het voorzien van een retourbemaling (cfr.fig. 24a en b). In bepaalde gevallen kunnen dergelijke maatregelen de economische haalbaarheid van een project evenwel drastisch beïnvloeden. Dit kan ertoe leiden dat het project dient te worden aangepast (bv minder diepe kelders) of in sommige gevallen te worden verlaten.



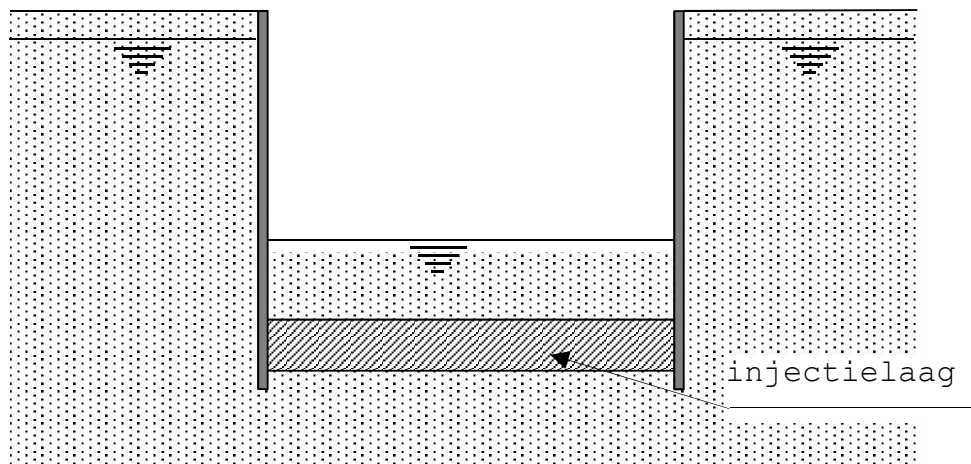
Figuur 24a



Figuur 24b

Bij het aanbrengen van waterdichte schermen moet men er terdege rekening mee houden dat deze schermen over de volledige omtrek van de bouwput moeten worden aangebracht en tot in een weinig doorlatende laag. Beperkte onderbrekingen in

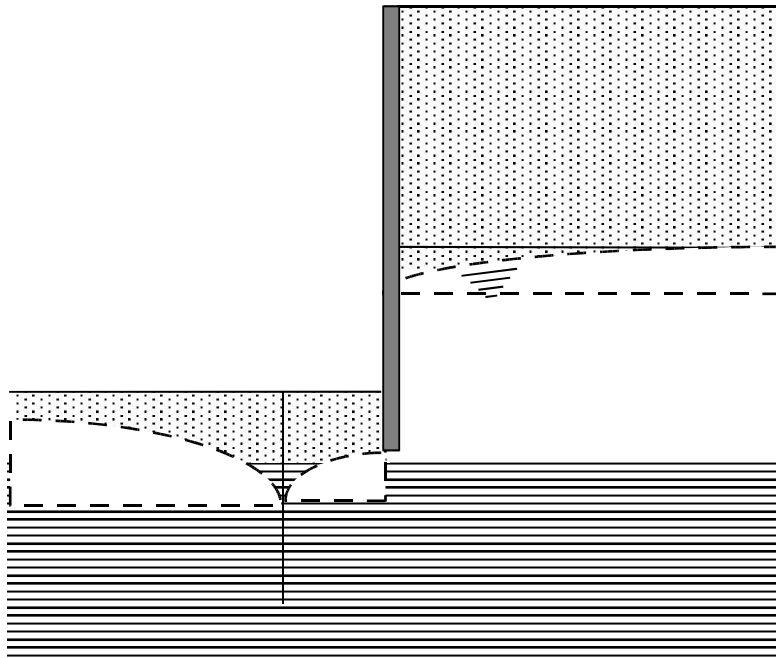
een dergelijke schermwand verminderen het effect ervan in een belangrijke mate. Wanneer het niet mogelijk is om de schermwanden tot in een weinig doorlatende laag aan te brengen, kan een dergelijke laag kunstmatig worden aangebracht door middel van chemische injecties of jet grouting (cfr.fig. 25). In Nederland wordt dergelijke uitvoeringsmethode nogal eens toegepast.



Figuur 25

Een retourbemaling kan alleen of in combinatie met een volledige of een gedeeltelijke schermwand worden toegepast. Wanneer een retourbemaling zonder schermwand wordt voorzien dient er een zekere afstand te worden gerespecteerd tussen de plaats waar het water wordt onttrokken en waar het terug in de grond gebracht wordt. Deze afstand is functie van de doorlatendheid van de grond en bedraagt in veel gevallen minstens 50 meter.

Een maatregel welke bij gelaagde gronden kan worden toegepast om de invloed van grondwaterverlaging te beperken bestaat erin om de bemalingelementen (verticale filters (of dieptebronnen) aan te brengen tussen de schermwanden (cfr.fig. 26). In het algemeen is het dan wel nodig om de schermwanden met een wat grotere steek uit te voeren dan hetgeen strikt noodzakelijk is. Bij een aantal bouwputten welke in het begin van de jaren '90 werden gerealiseerd aan het Zuid te Gent werd deze maatregel met succes toegepast. De verlaging van het grondwaterpeil langs de buitenkant van de bouwput bleef er beperkt tot 1 à 1,5m.



Figuur 26

In al te veel gevallen wordt het risico i.v.m. mogelijke schade tengevolge van de grondwaterverlaging volledig bij de aannemer of gespecialiseerde onderaannemer gelegd. De bouwheer en ontwerper proberen op deze wijze de kosten van de normaal te nemen voorzorgsmaatregelen te ontlopen en de aannemer of zijn verzekering te laten opdraaien voor de eventuele meerkosten. In veel gevallen is het zeer moeilijk zonet onmogelijk om met enige betrouwbaarheid te voorspellen of er zich al dan niet schade zal voordoen en is het economisch te verantwoorden dat er zekere risico's worden genomen met betrekking tot de verlaging van het grondwaterpeil. Het is evenwel verwonderlijk dat men er nagenoeg nooit in slaagt om vooraf duidelijk af te spreken over wie de kosten zal betalen wanneer er zich schade voordoet.

Wanneer een grondwaterverlaging moet worden doorgevoerd is het wenselijk dat:

- de grondwaterstand in rust voor de aanvang der werken wordt vastgelegd.
- er tijdens de uitvoering voldoende controlemetingen worden uitgevoerd.

Voor het bepalen van de grondwaterstand in rust dienen er, voldoende tijd op voorhand, peilfilters te worden geplaatst in de ter plaatse aangetroffen watervoerende lagen. Deze peilfilters moeten gedurende een voldoende lange tijd (liefst 1 of 2 jaar) regelmatig worden opgemeten, ten einde informatie te verkrijgen betreffende de variatie van de grondwaterstand.

Ten behoeve van de uitvoering van de grondwaterverlaging dienen er voldoende peilfilters te worden aangebracht zodat de variatie van de grondwaterstand binnen de invloedszone van de grondwaterverlaging kan worden nagegaan. Verder is het aangewezen om op een aantal oordeelkundig gekozen plaatsen zettingsmetingen uit te voeren.

Door het uitvoeren van dergelijke metingen kunnen heel wat onnodige discussies worden voorkomen.

#### **6.4. Verticale beschoeiing van bouwputten.**

Het aanbrengen van een verticale beschoeiing kan nodig zijn wanneer:

- de bouwput grenst aan een straat of dichtbij de eigendomsgrens gelegen is
- het volume grondwerk moet beperkt worden
- de invloed van de grondwaterverlaging moet beperkt worden.

Voor het realiseren van een verticale beschoeiing bestaan er verschillende technieken welke elk hun eigen toepassingsgebied hebben. Regelmatig toegepaste technieken bestaan in het aanbrengen van:

- damplanken;
- slibwanden;
- Berlijnse wanden;
- palenwanden;
- vernageling;
- beschoeide sleuven.

Grondbevriezing werd vroeger enkele malen met succes toegepast. Deze techniek werd voor bouwputten evenwel volledig verdrongen door de jet grouting techniek. De grouting techniek wordt besproken in par. 6.7 = verdiepen van bestaande funderingen.

In het kader van de Europese normering werden reeds normen opgesteld met betrekking tot de uitvoering van damplanken, slibwanden, boorpalen en grondankers. Voor jet-grouting, injecties en micropalen werden reeds voornormen opgesteld. Informatie betreffende deze normen en voornormen kan worden opgevraagd bij het WTCB.

##### 6.4.1. Damplanken.

Damplanken worden zeer veel aangebracht voor het beschoeien van sleuven bv. bij het aanleggen van rioleringen of leidingen. Voor het bouwen van kelders worden damplanken in Vlaanderen minder aangewend, in ieder geval veel minder dan bv. in Nederland. De reden daarvoor moet zeker in de

samenstelling van de ondergrond gezocht worden en wellicht ook in de bestaande traditie.

Damplanken kunnen in de grond gebracht worden door:

- heien;
- laag - of hoogfrequent intrillen;
- statisch indrukken.

Damplanken kunnen zowel een grond- als waterkerende functie vervullen. Voor de zijdelingse ondersteuning ervan kan worden gebruik gemaakt van stempels of grondankers. De horizontale ondersteuning kan ook worden gerealiseerd door middel van de op te richten constructie.

Het inheien van damplanken levert nogal wat geluids- en trillingshinder op wanneer er weerstandbiedende lagen voorkomen in de ondergrond. Deze methode van inbrengen is daarom niet geschikt voor toepassing in bebouwde zones.

Hoogfrequent intrillen van damplanken zal minder trillingshinder opleveren dan laagfrequent intrillen. Door het aanwenden van trilblokken met een variabel excentrisch moment is het thans mogelijk om de trillingshinder nog verder te beperken. Wanneer damplanken worden ingetrild in de nabijheid van bestaande constructies, dient men er zich van te vergewissen dat er zich onder de bestaande constructies geen losgepakte zanden bevinden. Onder invloed van de trillingen kunnen deze zanden verdicht worden en als gevolg daarvan ontstaan dan zettingen. De schade die daardoor kan worden teweeggebracht is meestal veel belangrijker dan door de trillingen zelf.

Bij het statisch indrukken van damplanken ontstaat er noch geluids- noch trillingshinder. Deze methode van inbrengen is evenwel veel trager en als gevolg daarvan duurder. Het inbrengen van de damplanken wordt ook sneller onmogelijk in weerstandbiedende lagen.

Een probleem i.v.m. het intrillen van damplanken is zeker dat er nog steeds geen algemeen aanvaardbare regels bestaan m.b.t. het toelaatbaar trillingsniveau en m.b.t. de wijze waarop de trillingen moeten gemeten worden (bv. in nabijgelegen gebouwen). Momenteel is er wel apparatuur op de markt waarmee het trillingsniveau kan worden opgemeten tijdens de volledige duur van de werken. Daarmee kan er in ieder geval worden nagegaan of er tijdens de volledige duur van de werken op een gelijkaardige wijze werd gewerkt dan wel of er zich op bepaalde ogenblikken een abnormale trillingshinder heeft voorgedaan. Een belangrijk voordeel daarvan is zeker dat men in geval van discussie beschikt over objectieve gegevens. De interpretatie van het trillingsniveau blijft evenwel een moeilijk probleem. Doordat mensen veel gevoeliger zijn voor trillingen dan gebouwen zullen er meestal klachten geuit



worden lang voordat er schade kan worden teweeggebracht. Het emotioneel aspect speelt daardoor meestal een belangrijke rol.

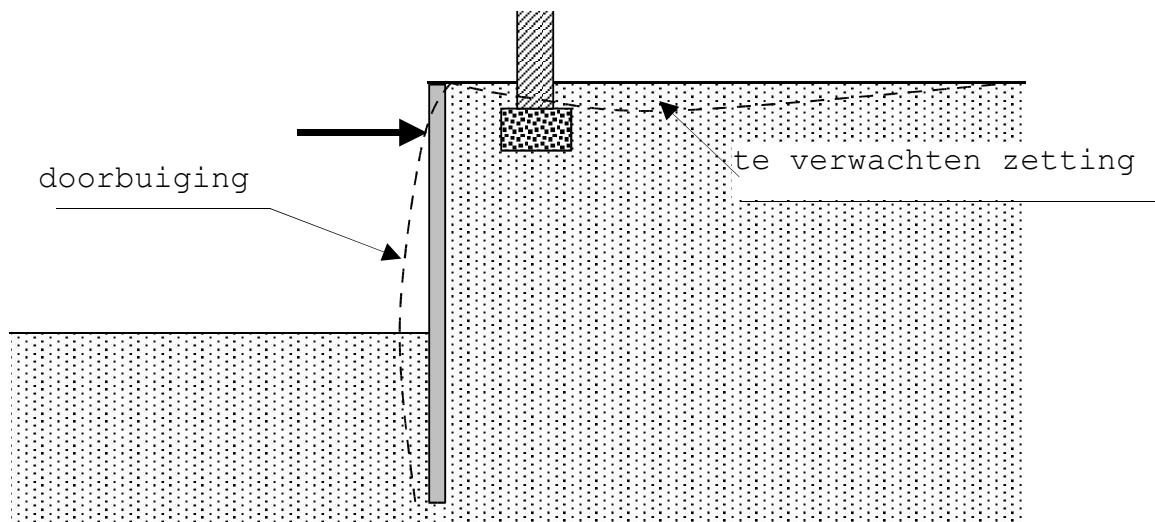
Wanneer damplanken ook een waterkerende functie moeten vervullen dienen voorzorgen te worden genomen om te voorkomen dat ze tijdens het in de grond brengen uit het slot lopen. Vooral in zeer weerstandbiedende gronden kan dat nogal eens problemen opleveren.

Bij het aanwenden van damplanken moet speciale aandacht besteed worden aan het feit dat de damplanken in het algemeen ook moeten getrokken worden. Het in de grond achterlaten van de damplanken is uiteraard ook mogelijk maar heeft een belangrijke invloed op de kostprijs van de beschoeiing.

Het trekken van damplanken kan heel wat problemen opleveren, zeker wanneer de damplanken een lange periode in de grond gebleven zijn. Als gevolg van de aanhechting tussen de grond en de plank is er meestal een grote kracht (of trillingsenergie) nodig om de damplanken opnieuw in beweging te brengen. Als gevolg daarvan kunnen er problemen ontstaan bij de pas opgerichte constructies (kelders) of bij nabijgelegen constructies. Verder kunnen er belangrijke zettingen ontstaan wanneer er bij het trekken grote hoeveelheden grond aan de damplanken kleven. In sommige gevallen ontstaan deze zettingen niet onmiddellijk maar eerst naarmate de in de grond ontstane holten gaan dichtslibben. Indien er bij het trekken belangrijke hoeveelheden grond aan de damplanken kleven en er aldus gevaar ontstaat voor het optreden van ontoelaatbare zettingen zou er in ieder geval moeten gepoogd worden om de aldus in de grond ontstane holtes op te vullen, bv. door het injecteren van een cementmortel.

Een speciale situatie doet zich voor bij het inbrengen van damplanken in tertiaire formaties. Bij sterk glauconiethoudende zanden worden door het inbrengen van damplanken heel wat glauconietdeeltjes verbrijzeld. Als gevolg daarvan neemt het gehalte aan fijne deeltjes van de grond langsheen de damplank toe. De grond gaat daardoor sterker aan de damplanken kleven en als gevolg daarvan kan het trekken van damplanken sterk bemoeilijkt worden. Bij overgeconsolideerde tertiaire kleien (bv. Boomse klei) moet men er rekening mee houden dat het trekken van damplanken welke enige tijd in de grond gezeten hebben meestal onmogelijk is.

Wanneer damplanken onmiddellijk naast bestaande constructies worden voorzien moet men er terdege rekening mee houden dat damplanken relatief vervormbaar zijn. Men dient er zich dan in ieder geval van te verzekeren dat de zettingen, welke als gevolg van de vervormingen van de damwand moeten verwacht worden, geen aanleiding kunnen geven tot schade bij de naastgelegen constructies (cfr.fig. 27).



Figuur 27

Ten einde de vervorming van de damplanken te beperken kan het nodig zijn om:

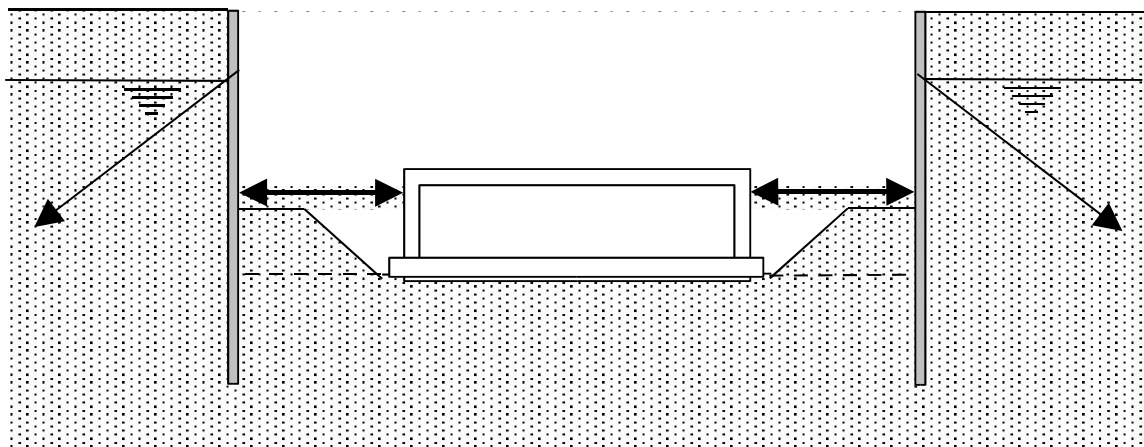
- een stijver profiel te kiezen dan hetgeen strikt noodzakelijk is;
- het aantal ondersteuningspunten te verhogen;
- de stijfheid van de zijdelingse ondersteuning te verhogen (bv. stempels i.p.v. grondankers).

Bij de bouw van ondergrondse parkings worden de laatste jaren regelmatig damplanken angewend. De damplanken doen dan zowel dienst als tijdelijke grond- en waterkering en ook als definitieve wand.

#### 6.4.2. Slibwanden.

Slibwanden worden in het algemeen alleen maar toegepast voor grote en diepe bouwputten. Het grote voordeel van deze techniek ligt vooral in de stijfheid van de ondersteuning. Daarenboven verloopt de uitvoering van slibwanden volledig trillingvrij. Slibwanden kunnen zowel een grond- als waterkerende functie vervullen. Voor slibwanden met een waterkerende functie wordt best een speciaal voegstelsel toegepast bv. CWS-voeg. Voor de zijdelingse ondersteuning ervan wordt meestal gebruik gemaakt van grondankers. In

bepaalde gevallen wordt een tussenoplossing toegepast waarbij na het aanbrengen van een rij grondankers een tijdelijke steunberm wordt in stand gehouden. Na het oprichten van een gedeelte van de constructie wordt de wand dan op deze constructie afgestempeld (cfr.fig. 28). Men dient er dan wel rekening mee te houden dat het wegnemen van de tijdelijke steunberm zeer arbeidsintensief is en daardoor aanleiding geeft tot belangrijke meerkosten. Dergelijke uitvoeringswijze is vooral interessant wanneer het grondwaterpeil buiten de bouwput zich op een geringe diepte bevindt en niet mag verlaagd worden. Omdat het aanbrengen van grondankers vanaf een niveau dat onder het grondwaterpeil gelegen is, meestal niet economisch te verantwoorden is, biedt de hierboven beschreven uitvoeringswijze dan belangrijke voordelen.



Figuur 28

Autostabiele slibwanden worden zeer weinig toegepast. De eventuele toepassing ervan moet in ieder geval grondig worden bestudeerd en voorbereid.

Wanneer slibwanden worden uitgevoerd dienen alle aanwezige funderingen, keldermassieven, rioleringen ... voorafgaandelijk te worden weggenomen. De ruimte van de daarvoor nodige uitgravingen moet dan worden opgevuld met gestabiliseerd zand. Langsheen bestaande funderingen en stoepen waarin zich leidingen bevinden kan dat nogal eens aanleiding geven tot problemen.

Slibwanden kunnen worden uitgevoerd langsheen bestaande funderingen op voorwaarde dat de mootlengte beperkt wordt of het gebouw waarlangs de slibwand wordt uitgevoerd voldoende is uitgestijfd (bv. deur- en raamopeningen worden dichtgemetseld). Het uitgraven in korte moten geeft dan wel aanleiding tot belangrijke rendementsverliezen. Om deze rendementsverliezen tegen te gaan worden er nogal eens uitgraven met langere moten en worden aldus belangrijke

risico's genomen bij het uitvoeren van slibwanden langsheen bestaande funderingen.

De dikte van slibwanden varieert tussen 0,50m en 1,50m. Bij slibwanden welke belangrijke grond- en waterdrukken moeten keren is het aangewezen om de dikte niet te klein te kiezen. Anders wordt de stijfheid van de wand te gering en zijn er belangrijke vervormingen te verwachten. Als gevolg daarvan neemt het risico toe dat er problemen ontstaan met de grond- en waterdichtheid.

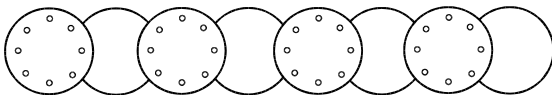
Slibwanden worden meestal als definitieve wanden in het ontwerp opgenomen. Wanneer er belangrijke waterhoogtes moeten gekeerd worden of wanneer de voegen niet volledig gaaf werden uitgevoerd is het meestal aangewezen om voor de slibwand een voorzetwand aan te brengen ten einde vochtige zones en waterinsijpelingen aan het zicht te onttrekken. Via slibwanden kunnen er belangrijke verticale belastingen worden overgedragen aan de ondergrond. Bij zware constructies kan dat een groot voordeel bieden.

Daar het nodig is om voor de uitvoering van slibwanden omvangrijk en zwaar materieel in te zetten beperkt de toepassing van slibwanden zich tot bouwputten met een grote omvang en een regelmatige vorm.

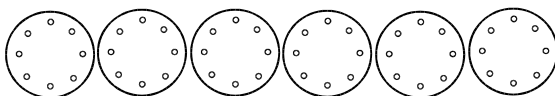
#### 6.4.3. Palenwanden.

Voor kleinere bouwputten worden slibwanden nogal eens vervangen door palenwanden. Dergelijke palenwanden kunnen op verschillende wijze worden uitgevoerd, nml.: (cfr.fig. 29)

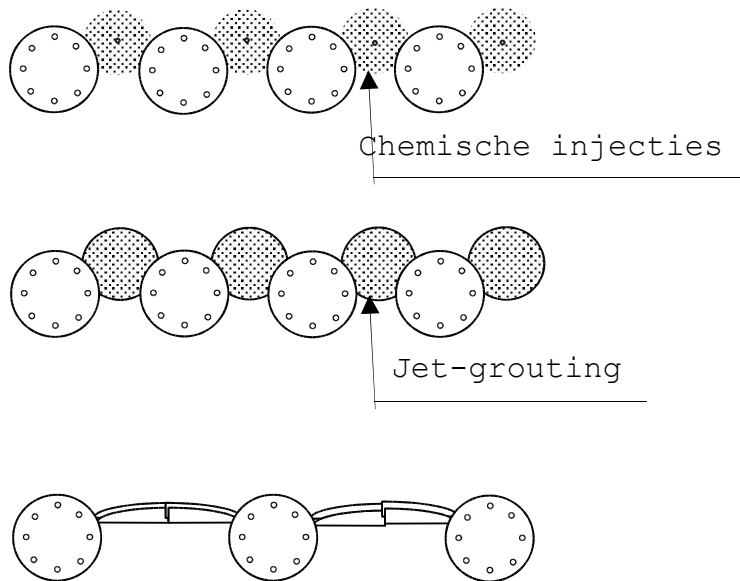
- elkaar oversnijdend (secanspalen);
- elkaar rakend (tangenspalen);
- op geringe tussenafstand = de openingen tussen de palen kunnen dan worden dichtgemaakt d.m.v. injecties of jet-grouting;
- op grotere tussenafstand = de openingen tussen de palen kunnen dan worden dichtgemaakt door middel van spuitbeton of prefab-elementen.



Secanspalen



Tangenspalen



Figuur 29

De eerste en derde oplossing kunnen zowel voor grond- als waterkerende wanden worden toegepast. De tweede en vierde oplossing kunnen alleen voor grondkerende toepassingen worden aangewend, niet als waterkering.

#### a) Secanspalen:

Bij de uitvoering van secanspalen wordt er gewerkt met primaire- en secundaire palen. Bij de uitvoering van de secundaire palen wordt een gedeelte van de eerder uitgevoerde primaire palen (in het algemeen ca 10% van de paaldiameter) weggesneden. Daarvoor wordt dan gebruik gemaakt van een voerbuis welke onderaan voorzien is van speciale snijtanden. In principe worden alleen de secundaire palen bewapend met een wapeningskorf of een stalen profiel.

Secanspalen worden sinds zeer lange tijd uitgevoerd met palen van een grote diameter ( $> 0,90\text{m}$ ), als alternatief op slibwanden. De boorpalen worden dan uitgevoerd als verbuisde boorpalen. Wegens de hogere kostprijs worden secanswanden dan alleen toegepast wanneer de uitvoering van slibwanden problemen oplevert, bv.:

- wanneer een wand moet worden gerealiseerd langsheen gebouwen in labiele toestand.
- wanneer er bv. metselwerkmassieven voorkomen in de ondergrond.
- wanneer de wand tot op een zekere diepte moet worden uitgevoerd tot in een hard substraat, cfr. de wanden van de spoorwegtunnel te Halle.

Sinds een aantal jaren worden secanspalen in België ook zeer courant uitgevoerd met kleinere diameters ( $0,42$  à  $0,62\text{m}$ ). De uitvoering van de palen gebeurt dan met een verbuisde avegaar.

Met deze uitvoeringsmethode is het risico op ontspanning van de grond omheen de paal zeer beperkt. Het aanbrengen van dergelijke palen langsheen bestaande funderingen vormt daardoor normaal gezien geen probleem. Voorwaarde is wel dat de uitvoering van de palen (o.a. het optrekken van de boor tijdens het betonneren van de paal) goed verzorgd wordt.

Bij het uitvoeren van secanspalen moet de verticaliteit van de palen verzekerd zijn, zodat de oversnijding van de palen over hun ganse hoogte kan verzekerd worden. In bepaalde gevallen kunnen de primaire palen minder diep worden uitgevoerd dan de secondaire (bewapende) palen.

Secanspalenwanden kunnen als beschoeiing van een bouwput zowel een grond- als waterkerende functie vervullen. Door het groot aantal voegen is het niet aangewezen om secanspalenwanden als definitieve waterkerende wanden te ontwerpen. De kans op vocht- en waterinsijpeling is dan immers zeer groot. Een bijkomende waterdichting door middel van een voorzetwand of een laag spuitbeton is dan aangewezen.

Voor de horizontale ondersteuning van secanspalenwanden worden meestal grondankers aangewend.

Wanneer een beperkte horizontale verplaatsing van de wand geen problemen stelt, kan de horizontale ondersteuning ook gerealiseerd worden door middel van nagels.

De laatste jaren worden regelmatig secanspalenwanden uitgevoerd voor grondkerende hoogtes van meer dan 10m. Een speciale toepassing van secanspalenwanden vormt de uitvoering van cirkelvormige putten bv. ten behoeve van de uitvoering van horizontale boringen.

#### b) Tangenspalen:

Een wand met tangenspalen biedt het groot voordeel dat alle palen kunnen bewapend worden en dat aldus grotere momenten kunnen worden opgenomen. Daartegenover staat dan wel dat dergelijke wanden alleen maar een grondkerende functie kunnen vervullen. Men dient er terdege rekening mee te houden dat er zelfs bij een geringe stroming van grondwater (bv. boven een eventueel aanwezige minder doorlatende laag) grond zal worden meegevoerd doorheen de openingen tussen de palen. Het achteraf dichtmaken van de openingen tussen de palen levert in dergelijke gevallen meestal nogal wat problemen op. Een dergelijke afdichting kan dan in feite alleen maar van bovenaf gerealiseerd worden.

Tangenspalenwanden worden de laatste tijd regelmatig uitgevoerd in de omgeving van Brussel op plaatsen waar het grondwaterpeil zich voldoende diep bevindt. De palen worden dan uitgevoerd met een avegaar met een grote centrale kern. Het doorboren van eventueel aanwezige steenhoudende lagen (Brusseliaan) vormt daarbij geen probleem. De wapening wordt

ingebracht via de centrale opening van de avegaar vooraleer het betonneren wordt aangevat.

Aldus uitgevoerde wanden moeten uiteraard van een voorzetwand voorzien worden.

c) Palen op een zekere tussenafstand:

Palen welke op een geringe afstand van elkaar worden aangebracht en waarbij de tussengelegen ruimte wordt dichtgemaakt met chemische injecties of jet grouting, werden in Nederland nogal eens toegepast. In theorie kunnen dergelijke wanden een waterkerende functie vervullen. In de praktijk hebben er zich nogal eens problemen voorgedaan doordat de palen en de ertussen gelegen behandelde grondmassieven ongelijkmatig vervormden wanneer de bouwput werd uitgegraven. Als gevolg daarvan ging de waterdichtheid nogal eens verloren.

Door de opkomst van de secanspalenwanden met geringe diameters zijn dergelijke oplossingen uit de markt verdwenen.

#### 6.4.4. Berlijnse wanden.

Berlijnse wanden bestaan uit op regelmatige afstanden geplaatste stalen profielen. Over de hoogte van de te realiseren uitgraving wordt de open ruimte tussen de profielen opgevuld met houten balken, prefab betonplaatjes of spuitbeton.

De stalen profielen welke de buigende momenten moeten opnemen kunnen in de grond gebracht worden door heien, trillen, statisch indrukken of door plaatsing in vooraf gemaakte boorgaten. In het laatste geval is het wel aangewezen om het boorgat tot op het te realiseren uitgravingspeil op te vullen met beton en daarboven met grind en zand.

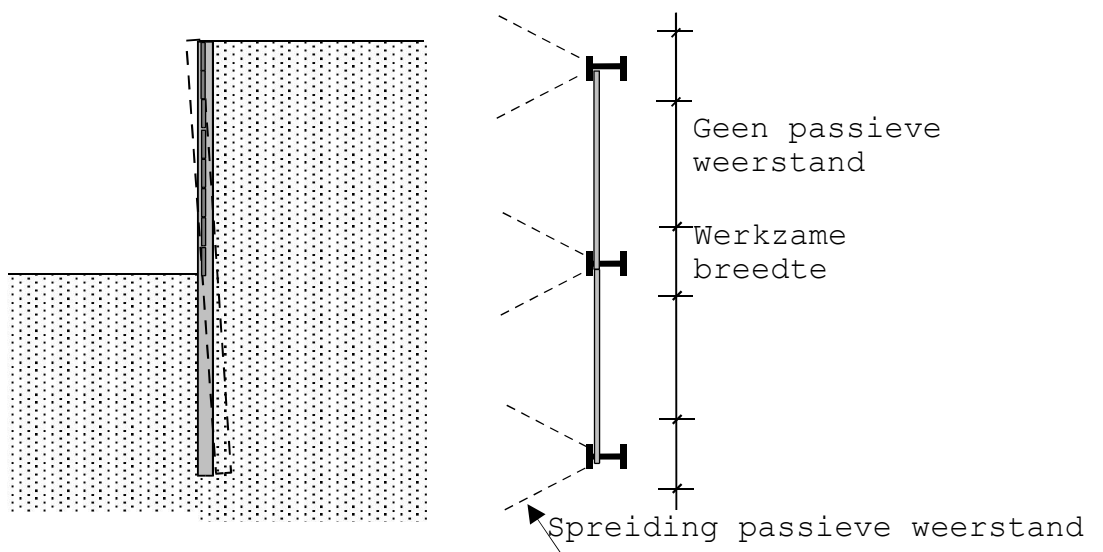
Berlijnse wanden worden de laatste jaren zeer veel toegepast wanneer er geen problemen te verwachten zijn i.v.m. de verlaging van het grondwaterpeil. Berlijnse wanden kunnen in principe niet worden uitgevoerd langsheen gebouwen die op staal gefundeerd zijn. Het risico op ontspanning van de grond en de daaruitvolgende zettingen is immers reëel. Wegens de geringe stijfheid van de profielen doen zich bij Berlijnse wanden meestal grotere verplaatsingen voor dan bij andere wanden ook wanneer ze verankerd of afgestempeld zijn.

Voor de realisatie van één ondergronds niveau worden deze wanden veelal autostabiel uitgevoerd.

Bij austostabiele wanden dient men er terdege rekening mee te houden dat dergelijk wanden altijd zekere verplaatsingen ondergaan. Het mobiliseren van de passieve weerstand van de

grond vereist immers een zekere verplaatsing of hoekverdraaiing van de wand. Daarbij komt nog dat de passieve gronddruk alleen maar gemobiliseerd wordt over een beperkte breedte (max. 3x de flensbreedte of 3x de diameter van het boorgat wanneer het boorgat na de plaatsing van de profielen wordt opgevuld met beton) (cfr.fig. 30). Deze beperkte aangrijpingsbreedte van de passieve weerstand wordt bij het ontwerpen van Berlijnse wanden regelmatig over het hoofd gezien.

In veel gevallen zijn de bij een autostabiele wand optredende verplaatsingen vrij beperkt. Dat heeft dan meestal meer te maken met de in de grond aanwezige cohesie dan met nauwkeurigheid van het ontwerp.



Figuur 30

Bij het ontwerpen van Berlijnse wanden wordt de cohesie nagenoeg nooit als dusdanig in rekening gebracht. Tijdens de uitvoering speelt die evenwel een zeer belangrijke rol, zeker wanneer men er bijvoorbeeld voor zorgt dat de profielen onmiddellijk na het beëindigen van de uitgraving worden geblokkeerd met een dikke laag zuiverheidsbeton. Dergelijke laag zuiverheidsbeton kan in de berekeningen niet als een stempel worden ingebracht, maar kan er in de praktijk wel voor zorgen dat de vervormingen in een belangrijke mate beperkt worden.

Voor twee of meerdere ondergrondse niveau's wordt er meestal een verankering toegepast. Het aanbrengen van stempels is mogelijk maar is in het algemeen nogal hinderlijk voor de in de bouwput uit te voeren werkzaamheden.

In de mate van het mogelijke moet men ervoor zorgen dat er geen houten balken in de grond worden achtergelaten. Met



verloop van tijd kunnen deze immers gaan rotten en aldus zettingen veroorzaken.

#### 6.4.5. Beschoeide sleuven.

Beschoeide sleuven worden vooral toegepast wanneer men te maken heeft met onregelmatige relatief diepe bouwputten en wanneer het grondwaterpeil voldoende diep gelegen is of zonder problemen kan worden neergeslaan. Om de uitvoering in veilige omstandigheden te laten verlopen dient er steeds voor te worden gezorgd dat het grondwaterpeil volledig werd neergeslagen en dat er geen stroming meer plaats vindt over zgn. stoorlagen (= minder doorlatende lagen welke in de ondergrond voorkomen). In het algemeen hebben de beschoeide sleuven een breedte van 0,90m à 1,0m. Ze worden na de uitgraving tot op de gewenste diepte volledig opgevuld met beton.

De horizontale ondersteuning van beschoeide sleuven kan worden verzekerd met grondankers of stempels.

#### 6.4.6. Vernagelde wanden.

De techniek van de grondvernageling is een vrij recente techniek die in korte tijd een zeer snelle opgang gekend heeft. Grondvernageling kan alleen toegepast worden wanneer het grondwaterpeil voldoende laag gelegen is of zonder problemen kan verlaagd worden. Het grote voordeel van de vernagelingstechniek bestaat erin dat de horizontale ondersteuning samen met de beschoeiing wordt aangebracht. Daardoor is het mogelijk om een gedeelte van de bouwput reeds op volle diepte uit te graven terwijl de beschoeiing in een ander deel nog aangebracht wordt.

Mits het nemen van de nodige voorzorgen kan de vernagelingstechniek ook worden toegepast naast bestaande funderingen. Het is dan wel nodig om eerst een aantal verticale kolommen aan te brengen welke tijdens de uitvoering de stabiliteit van uitgravingsfront moeten verzekeren.

De methode van de grondvernageling is vooral geschikt voor bouwputten ten behoeve van kelderconstructies met twee ondergrondse bouwlagen en voor bouwputten welke in moeilijke omstandigheden moeten worden uitgevoerd, bv. werken binnen bestaande loodsen, aanwezigheid van aanvullingen of bestaande funderingsmassieven, aanwezigheid van oude keldermuren.

## **6.5. Zijdelingse ondersteuning.**

Ten einde de horizontale verplaatsingen te beperken is het in het algemeen nodig om verticale beschoeiingen zijdelings te ondersteunen. Dergelijke zijdelingse ondersteuning kan worden verzekerd met:

- grondankers
- stempels
- de op te richten constructie zelf.

Elke techniek heeft voor- en nadelen. In bepaalde gevallen zijn ook tussenoplossingen mogelijk waarbij de zijdelingse ondersteuning gedeeltelijk wordt ontleend aan grondankers, een grondberm en de op te richten constructie (cfr.par. 6.4.2.).

### 6.5.1. Grondankers.

Het aanbrengen van grondankers biedt het grote voordeel dat er een volledig open bouwput wordt verkregen, waarin er vrij kan gewerkt worden. Wanneer prefab elementen moeten verwerkt worden is dat zeker een belangrijk voordeel.

De grondankers worden best voorzien op een peil dat iets boven het niveau van een vloer gelegen is. Na een voldoende verharding van deze vloer kunnen de grondankers dan ontspannen worden en indien nodig geheel of gedeeltelijk worden gerecupereerd.

Het grote nadeel van grondankers ligt in het feit dat deze zich tot op een vrij grote afstand achter de verticale beschoeiing uitstrekken en als gevolg daarvan meestal onder naburige eigendommen gelegen zijn. Het is niet toegelaten om grondankers aan te brengen onder andermans eigendom zonder dat daarvoor een formele toelating werd verkregen.

In bepaalde gevallen kunnen aan het verlenen van een dergelijke toelating voorwaarden verbonden worden bv. dat de trekelementen van de grondankers geheel of gedeeltelijk (alleen de vrije lengte) moeten gerecupereerd worden. Dergelijke recuperatie van de trekelementen stelt technisch gezien weinig problemen maar geeft wel aanleiding tot een aanzienlijke verhoging van de kostprijzen van de grondankers.

In ons land bestaan er vooralsnog geen normen of richtlijnen voor het ontwerpen, uitvoeren en beproeven van grondankers. Sinds vorig jaar is er wel een Europese norm beschikbaar. In deze norm zijn zeer strenge eisen opgenomen m.b.t. de corrosiebescherming van duurzame (permanente) grondankers uitgevoerd met staven of strengen van hoogwaardig staal (voorspanstaal). Als gevolg daarvan kan er beter worden overwogen om duurzame grondankers uit te voeren met gewoon staal i.p.v. voorspanstaal.

Bij grondankers heeft de uitvoering een zeer belangrijke invloed op het uiteindelijk gedrag van de grondankers. Het is daarom absoluut noodzakelijk om alle grondankers aan een proefbelasting te onderwerpen vooraleer deze worden aangezet bv. tot 1,3 of 1,5 maal de dienstlast. In verband met de aan te houden vastzetkracht bestaat er geen eensgezindheid. In Frankrijk bv. worden grondankers meestal vastgezet met een kracht welke groter is dan de op te nemen dienstlast. In heel wat andere landen wordt er de voorkeur aangegeven om de grondankers met een ietwat kleinere kracht vast te zetten (bv. 70 à 90% van de dienstlast). Men gaat er dan van uit dat de kracht in de grondankers nadien nog zal oplopen t.g.v. uitgravingen en bovenbelastingen. Metingen tonen evenwel aan dat de toename van de ankerkracht t.g.v. uitgravingen en bovenbelastingen beperkt is wanneer de ankers tot de dienstlast werden voorgespannen en vastgezet. Verder treedt er na het voorspannen altijd een zekere vermindering van de voorspankracht op als gevolg van de kruip van de achter de beschoeiing gelegen grond.

Voor diepe bouwputten en bouwputten naast bestaande constructies is het aangewezen om bij een aantal grondankers de variatie van de ankerkracht op te meten door middel van krachtopnemers.

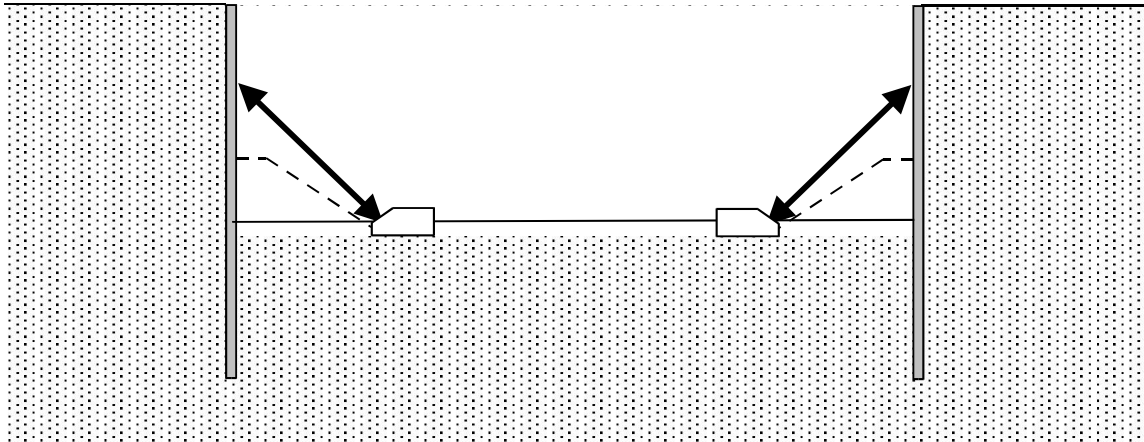
#### 6.5.2. Stempels.

Voor bouwputten met een geringe overspanning is een oplossing met stempels in plaats van grondankers zeker goedkoper. Het nadeel ligt dan in het feit dat de stempels een belangrijke hinder vormen voor het uitvoeren van allerhande werkzaamheden in de bouwput.

Stempels kunnen ook gebruikt worden voor grote overspanningen (tot 40m en meer) en voor zeer grote krachten. Ten einde de verplaatsing van de wanden te beperken is het dan wel aangewezen om de stempels voor te spannen. Verder dient men er terdege rekening mee te houden dat de lengte van de stempels verandert t.g.v. temperatuurschommelingen. In bepaalde gevallen kan het nodig zijn om maatregelen te voorzien ten einde deze lengteveranderingen te beperken (bv. isolatie, afkoelen / opwarmen ... ).

Stempels hoeven niet altijd horizontaal te worden aangebracht. Het is bv. ook mogelijk om de beschoeiingswanden af te stempelen op eerder aangebrachte funderingszolen (cfr.fig. 31). Bij het ontwerpen van een dergelijke ondersteuning dient men er wel terdege rekening mee te houden dat de funderingszolen aan zeer schuine krachten worden onderworpen. Zowel bij funderingen op staal als bij paalfunderingen komt men al zeer snel tot ontoelaatbare belastingen. Een mogelijke oplossing bestaat er dan in om de funderingszolen onderling te

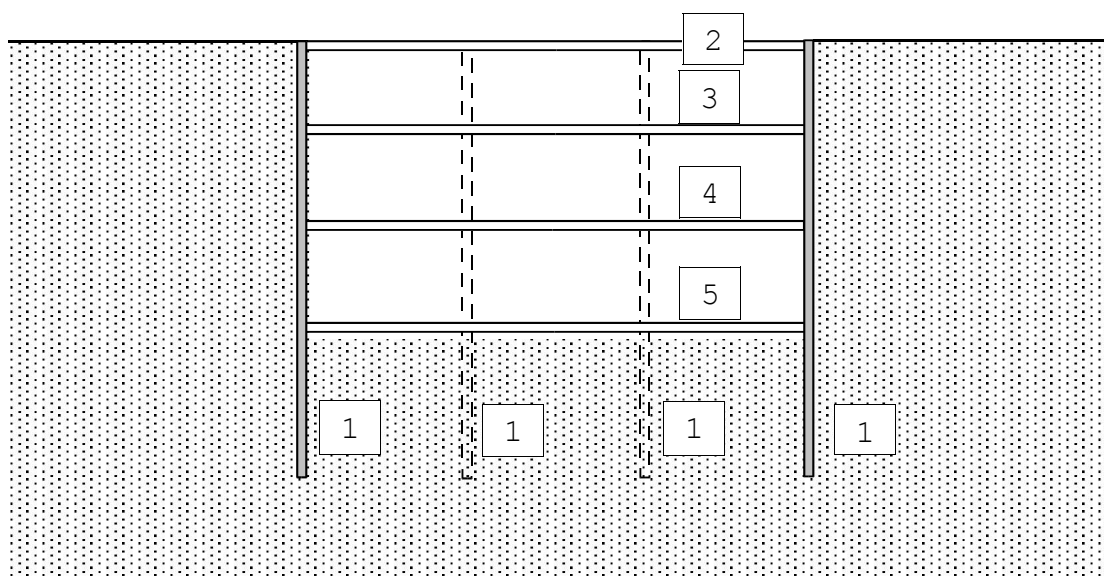
verbinden door middel van balken of door reeds het centraal gedeelte van de vloerplaat aan te brengen.



Figuur 31

### 6.5.3. Door de op te richten constructie.

Het is altijd mogelijk om de beschoeiingswanden zijdelings te ondersteunen door middel van de op te richten constructie. Daarbij wordt er dan gewerkt van boven naar onder, d.w.z. de vloerplaat van het gelijkvloers wordt eerst gestort op volle grond en daarna wordt de grond onder de vloerplaat weggegraven (cfr.fig. 32). In het algemeen is het dan wel nodig om voorafgaandelijk steunpunten aan te brengen voor de verticale ondersteuning van de vloerplaat. Dat kan door het vooraf aanbrengen van de definitieve kolommen (bv. beschoeide putten of boorpalen) of door het voorzien van tijdelijke ondersteuning (bv. door middel van in de grond getrilde stalen profielen).



Figuur 32

1, 2, 3, 4, 5 : uitvoeringsvolgorde

Het grote voordeel van dergelijke uitvoeringswijze ligt in het feit dat er geen of nagenoeg geen tijdelijke constructies nodig zijn. Daartegenover staat dan wel dat heel wat werken dienen te worden uitgevoerd in een beperkte ruimte (uitgraven van de grond, betonneren van de vloerplaten ...). Dit geeft uiteraard aanleiding tot belangrijke meerkosten.

## **6.6. Bouwputten naast bestaande constructies.**

Bij het aanleggen van bouwputten naast bestaande constructies is het altijd nodig om voorzorgen te nemen ten einde te voorkomen dat:

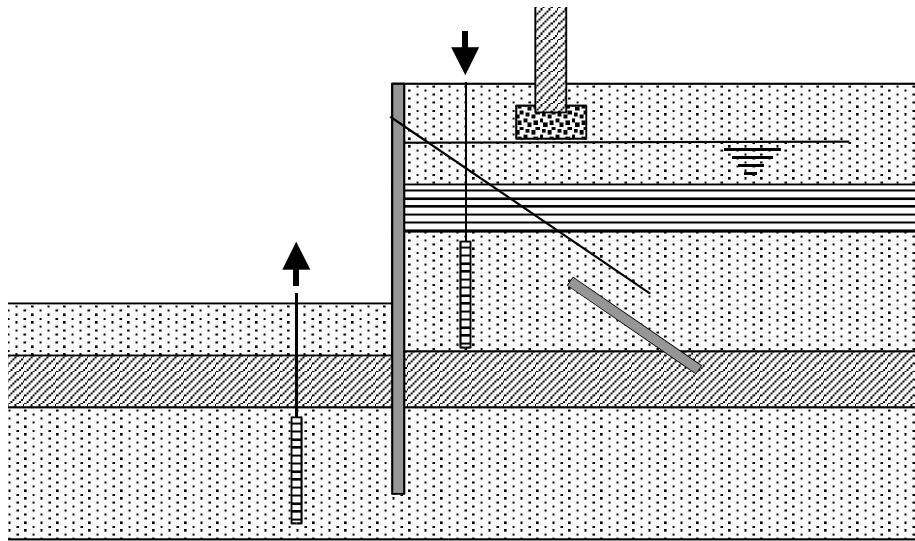
- er zich ontoelaatbare zettingen voordoen als gevolg van de grondwaterverlaging;
- er zich ontoelaatbare zettingen en ev. instabiliteiten voordoen als gevolg van het wegnemen van grond naast de bestaande funderingen;
- te voorkomen dat er zich ontoelaatbare zettingen en horizontale verplaatsingen voordoen bij het aanbrengen van de beschoeiingselementen en het uitgraven van de bouwput.

### 6.6.1. Neerslaan van het grondwaterpeil.

Wanneer er te vrezen valt dat er zich als gevolg van de grondwaterverlaging ontoelaatbare zettingen zullen voordoen bij een dicht bij de bouwput gelegen constructie dan bestaat de enige oplossing er meestal in om de bouwput hydraulisch af te schermen van de omgeving. Zoals reeds is aangegeven moet er dan wel voor gezorgd worden dat de hydraulische afscherming over de volledige omtrek van de bouwput en tot op een voldoende diepte wordt gerealiseerd.

In speciale gevallen is het mogelijk om ook een hervoeding toe te passen wanneer de te beschermen constructie dicht bij de bouwput gelegen is. Dit is onder meer het geval wanneer de bemaling (= onttrekking) en retourbemaling (= hervoeding) kan plaats vinden in verschillende lagen, welke onderling gescheiden zijn door een laag met voldoende geringe doorlatendheid (cfr. fig. 33).

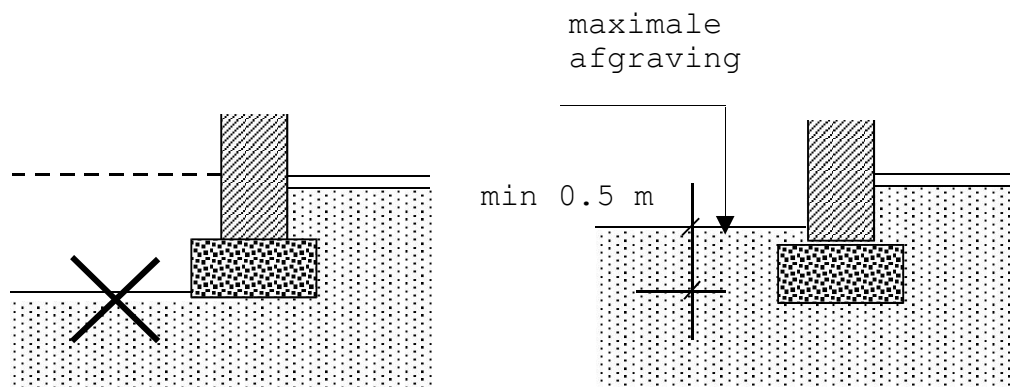
Wanneer de kans reëel is dat er hervoeding zal moeten worden toegepast dan is het aangewezen om daarvoor in het bestek speciale posten te voorzien. Het is dan ook aangewezen om reeds in de ontwerpfasen schikkingen te treffen i.v.m. de mogelijke inplanting van de retourbemaling en de daarvoor nodige leidingen. In al te veel gevallen wordt momenteel het risico i.v.m. het al of niet nodig zijn van een retourbemaling uitsluitend bij de aannemer gelegd.



Figuur 33

#### 6.6.2. Het weggraven van grond naast bestaande funderingen.

Wanneer men de grond naast een bestaande fundering weggraaft dan wordt de nevenbelasting naast deze fundering verminderd en als gevolg daarvan het draagvermogen van de fundering. Het is dan ook niet toegelaten om zonder meer de grond naast een bestaande fundering weg te graven, bv. ten behoeve van het uitvoeren van een ondermetseling of onderschoeiing (cfr. Fig.34).



Figuur 34

In veel gevallen waarbij er naast een bestaande fundering moet gewerkt worden graaft men gemakshalve alle grond weg tot op het aanzetpeil van de fundering. Zoiets is zeer gevaarlijk en kan niet alleen aanleiding geven tot ontoelaatbare zettingen maar eveneens tot een instabiliteit van de fundering.

Het draagvermogen van een fundering op staal wordt immers gegeven door de uitdrukking:

$$d_g = p_b \cdot V_b + c \cdot V_c + \gamma_k \cdot b \cdot V_g.$$

De eerste term geeft de bijdrage weer van de nevenbelasting. De tweede term geeft de invloed van de cohesie en wordt in het algemeen verwaarloosd. De derde term geeft de invloed van het eigengewicht van de grond weer.

Een eenvoudige controle leert dat het draagvermogen van een gewone fundering op staal in een belangrijke mate wordt verminderd wanneer de nevenbelasting geheel of gedeeltelijk wordt weggenomen.

In het algemeen is het aangewezen om naast een bestaande fundering minimaal 0,50m grond in stand te houden. Voor een zwaar belaste funderingszool is het altijd noodzakelijk om het draagvermogen van de fundering na te rekenen en aldus vast te leggen tot op welke diepte de grond naast de fundering mag worden weggegraven.

### 6.6.3. Het aanbrengen van beschoeiingselementen naast bestaande funderingen.

Zoals reeds werd aangegeven bij de bespreking van de verschillende methoden voor de verticale beschoeiing van bouwputten is het niet mogelijk om alle technieken zonder meer toe te passen naast bestaande funderingen.

- Bij het inbrengen van damplanken moeten de trillingen beperkt worden. Verder moet er voorkomen worden dat eventueel onder de funderingen gelegen losgepakte zanden verdicht worden als gevolg van het aanbrengen van damplanken. Ten slotte moet er heel voorzichtig worden omgesprongen met het trekken van damplanken welke werden aangebracht naast bestaande funderingen. Het is in veel gevallen niet te vermijden dat er daarbij zettingen ontstaan.
- Bij het uitvoeren van slibwanden naast bestaande funderingen dient de lengte van de panelen te worden beperkt en dient in veel gevallen het gebouw te worden verstijfd.
- Het is in principe niet toegelaten om Berlijnse wanden uit te voeren naast funderingen op staal, ook niet wanneer de profielen verankerd worden. Het uitvoeren van een Berlijnse wand naast een bestaande fundering op staal kan alleen maar worden overwogen indien deze fundering voorafgaandelijk wordt verdiept tot onder het te realiseren uitgravingspeil.

- Palenwanden kunnen zonder meer naast een bestaande fundering op staal worden uitgevoerd. De uitvoering dient dan wel goed te worden verzorgd zodat er geen ontspanning van de grond en ook geen oppersing ervan ontstaat.
- Grondvernageling kan worden toegepast naast een bestaande fundering op staal op voorwaarde dat een aantal voorzorgen worden in acht genomen, o.a. vooraf aanbrengen van verticale groutkolommen op relatief geringe tussenafstand en eventueel verdiepen van de bestaande funderingen tot onder het te realiseren uitgravingspeil.
- Beschoeide sleuven kunnen eveneens worden uitgevoerd naast bestaande funderingen op staal op voorwaarde dat de lengte van de moten beperkt wordt.

Wanneer de te realiseren beschoeiingswanden ook een waterkerende functie moeten vervullen dan kunnen alleen damplanken, slibwanden en palenwanden worden toegepast.

## **6.7. Verdiepen van bestaande funderingen.**

Ten einde het beschikbare grondoppervlak zo goed mogelijk te benutten is het nogal eens aangewezen om de bestaande funderingen langsheen de bouwput te verdiepen en aldus een verticale beschoeiing te realiseren onder de bestaande scheidingsmuur.

Voor het verdiepen van bestaande funderingen zijn meerdere methodes beschikbaar nml.:

- Ondermetselen;
- onderschoeien met beschoeide putten;
- jet grouting.

### 6.7.1. Ondermetselen.

Ondermetselen wordt zeer veel toegepast wanneer de hoogte waarover de bestaande fundering moet verdiept worden, beperkt is. Deze techniek is eenvoudig en door iedereen uitvoerbaar. Het grote nadeel ervan is dat er tijdens de uitvoering nogal eens belangrijke risico's worden genomen. In veel gevallen wordt het tekort aan inzicht en aan een degelijk ontwerp gecompenseerd door de cohesie welke de grond meestal gedurende een zekere periode vertoont.

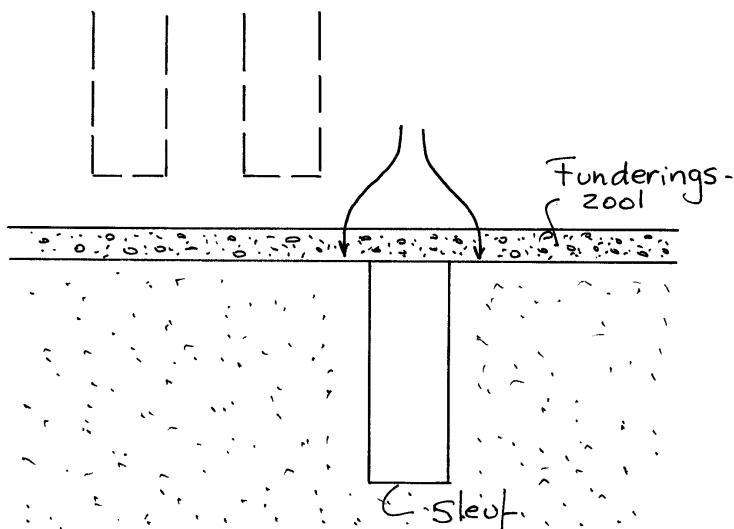
Het is noodzakelijk dat de uitgraving en de ondermetseling altijd op één en dezelfde dag worden uitgevoerd. Het onnodig lang openlaten van de uitgegraven sleuf kan immers tot gevolg hebben dat de cohesie van de grond waarop toch in een belangrijke mate gerekend wordt, al te zeer afneemt en de stabiliteit van de sleuf daardoor in het gedrang komt. Ook het risico op waterinsijpeling neemt dan snel toe.



Het uitvoeren van een ondermetseling is alleen mogelijk wanneer de grond volledig droog is. In geval van een hoog gelegen grondwaterstand dient er te worden bemalen. Wanneer er niet mag bemalen worden omdat er gevaar is voor zettingen, kan er dus ook niet worden ondermetseld.

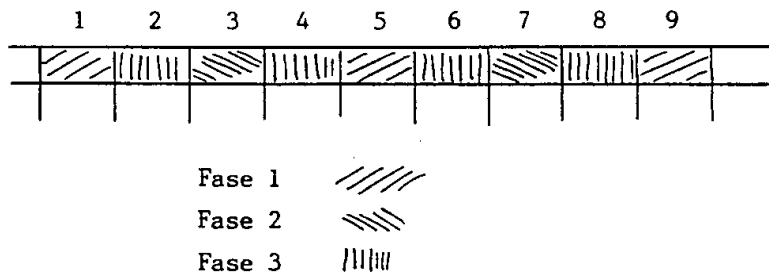
Het is dan ook opmerkelijk te noemen dat er in heel wat bestekken waarin ondermetseling is opgenomen, ook vermeld staat dat er niet mag worden bemalen. Dergelijke problemen kunnen alleen maar worden opgelost door naast de bestaande fundering een wand aan te brengen. Wanneer de beschikbare ruimte erg krap is kunnen er daarbij moeilijk op te lossen problemen ontstaan. Het aanbrengen van een beschoeiingswand naast de bestaande fundering heeft immers meestal een belangrijk plaatsverlies tot gevolg.

Bij het uitvoeren van een ondermetseling wordt er altijd gerekend op gewelfswerking in de bestaande fundering en op een overdracht van de belasting ter hoogte van de uitgegraven sleuf naar de naast de sleuf gelegen zones (cfr. fig. 35). In de zones naast de uitgegraven sleuf doet zich dus een toename voor van de spanning op het aanzetvlak van de fundering. Deze spanningstoename geeft steeds aanleiding tot zettingen welke min of meer belangrijk kunnen zijn alnaargelang de grootte van de spanningstoename en de aard van de ondergrond.



Figuur 35

Een ondermetseling wordt steeds uitgevoerd in opeenvolgende moten. Om de spanningstoename in de naast de uitgegraven sleuf gelegen zones zoveel mogelijk te beperken dient er steeds een voldoende tussenafstand te worden gerespecteerd tussen na elkaar uitgevoerde moten. In het algemeen wordt een fasering toegepast zoals aangegeven in fig. 36; namelijk de volgorde 1, 5, 9, 3, 7, 11, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ...

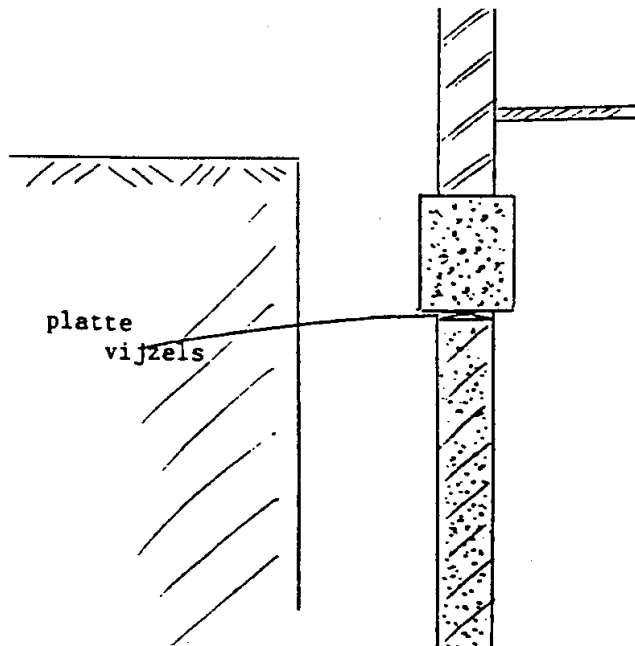


Figuur 36

De aansluiting tussen de bestaande fundering en de bij de ondermetseling aangebrachte wand dient altijd zeer goed verzorgd te worden. Om spanningsconcentraties te voorkomen moet ervoor gezorgd worden dat er overal contact is tussen de bestaande fundering en de ondermetselde wand.

Bij ondermetselingen uitgevoerd met bakstenen of betonblokken slaagt een goede uitvoerder er doorgaans zeer goed in om de ondermetselde wand overal te doen aansluiten met de bestaande fundering. Wanneer de wand wordt gerealiseerd met beton, is het nodig om bij het storten van het beton de nodige voorzorgen te treffen om het contact tussen de betonwand en de bestaande fundering overal te verzekeren. Dat kan onder andere door het aanwenden van plastificeerders en door het degelijk trillen van het beton. Indien nodig, kan er ook een na-injectie worden uitgevoerd ter hoogte van de aansluiting.

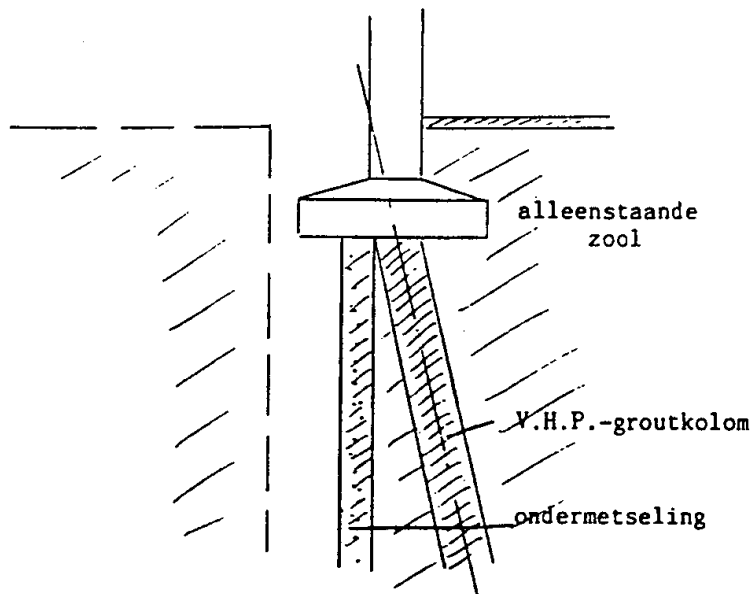
In bestekken wordt nogal eens opgelegd dat er platte vijzels dienen te worden aangebracht in het contactvlak tussen de bestaande fundering en de ondermetselde wand. Met behulp van deze vijzels wordt de ondermetselde wand dan voorbelast nadat de volledige ondermetseling is beëindigd. Daarmee wordt dan beoogd om de zettingen uit te schakelen welke normaal optreden wanneer de belasting van de bestaande fundering wordt overgedragen naar de grond onder de aanzet van de ondermetselde wand (cfr. fig. 37). Uit de dagdagelijkse praktijk blijkt evenwel dat deze maatregel in de meeste gevallen overbodig is. Het aanbrengen van dergelijke vijzels is alleen aangewezen wanneer men te maken heeft met zeer zware belastingen of met wanden welke dienen te worden aangezet in weinig draagkrachtige lagen zodat er onaanvaardbare zettingen te verwachten zijn wanneer er geen voorbelasting wordt toegepast.



Figuur 37

De techniek van het ondermetselen kan normaal gezien alleen worden toegepast voor het verdiepen van funderingen welke bestaan uit doorlopende zolen. Het ondermetselen van alleenstaande zolen houdt altijd zeer belangrijke risico's in omdat de herverdeling van de belastingen, welke zich vrij gemakkelijk voordoet bij een doorlopende zool, alsdan veel minder of zelfs helemaal niet kan optreden.

Het ondermetselen van alleenstaande zolen is daarom alleen aanvaardbaar wanneer er voorafgaandelijk maatregelen werden getroffen om de op de zolen uitgeoefende belasting te beperken of over te dragen naar dieper gelegen lagen, bv. door middel van VHP-grouting, (cfr.fig. 38).



Figuur 38

Ondermetselen wordt zeer dikwijls toegepast wanneer de hoogte, waarover de fundering dient te worden verdiept, beperkt is. Dit is bv. het geval wanneer:

- er een gebouw met één ondergrondse verdieping wordt opgericht naast een gebouw dat niet onderkelderd is,
- er een gebouw met twee ondergrondse verdiepingen wordt opgericht naast een gebouw dat slechts één ondergrondse verdieping heeft.

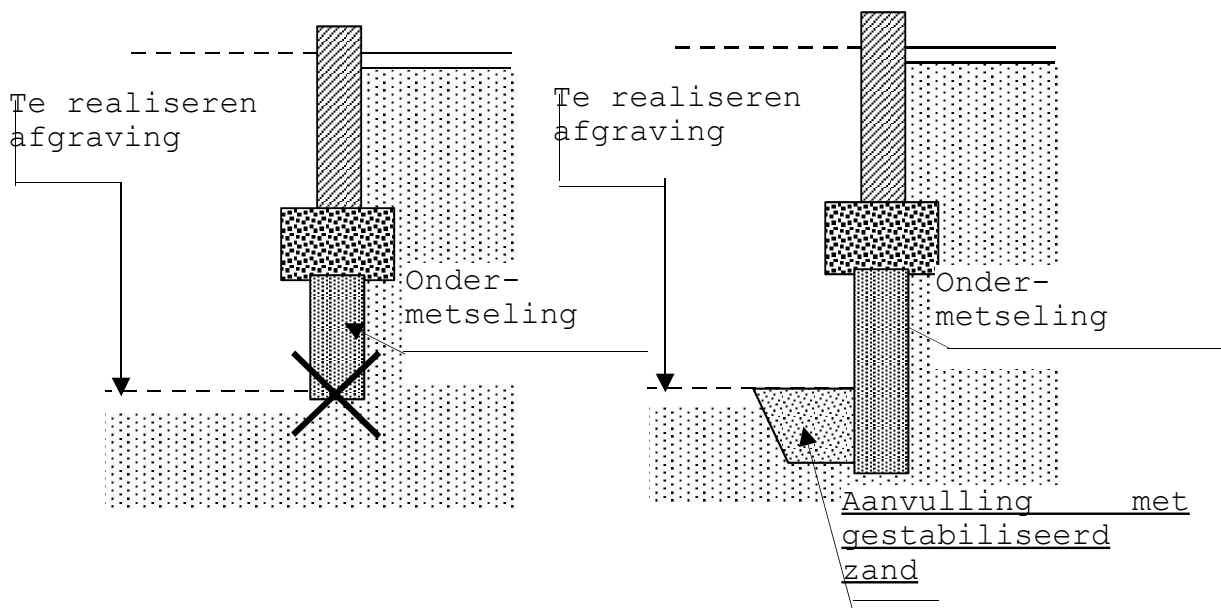
De hoogte waarover de bestaande funderingen dienen te worden verdiept bedraagt dan meestal niet meer dan 2 à 3 meter.

Bij het uitvoeren van een ondermetseling dient er altijd voor te worden gezorgd dat de ondermetselde wand in een laag met een voldoende draagkracht wordt aangezet. Zodoende zullen de zettingen bij de overdracht van de belasting aan de dieper gelegen lagen beperkt blijven.

Het uitvoeren van ondermetselingen in twee of meerdere fasen is in het algemeen af te raden. Iedere ondermetseling geeft immers onvermijdelijk aanleiding tot zekere zettingen. In geval van een goede uitvoering kunnen deze toch op ca. 1 cm geraamd worden. Wanneer er meerdere fasen na elkaar worden uitgevoerd loopt men het risico dat er ontoelaatbare zettingen ontstaan. Bij het uitvoeren van meerdere fasen moet men er zeker voor zorgen dat het draagvermogen van de wand voor iedere fase verzekerd is.

Ondermetselingswanden moeten steeds uitgevoerd worden met een zekere steek t.o.v. de later te realiseren uitgraving (cfr.fig. 39). Deze steek moet zodanig worden gekozen dat het draagvermogen van de verdiepte fundering verzekerd is. Bij het nazicht van het draagvermogen van de verdiepte fundering moeten de op de wand aangrijpende horizontale krachten (vooral afkomstig van de gronddruk) worden in rekening gebracht.

Tenslotte moet er ook altijd worden nagegaan of de ondermetselingswand zijdelings moet worden ondersteund door middel van stempels of grondankers.

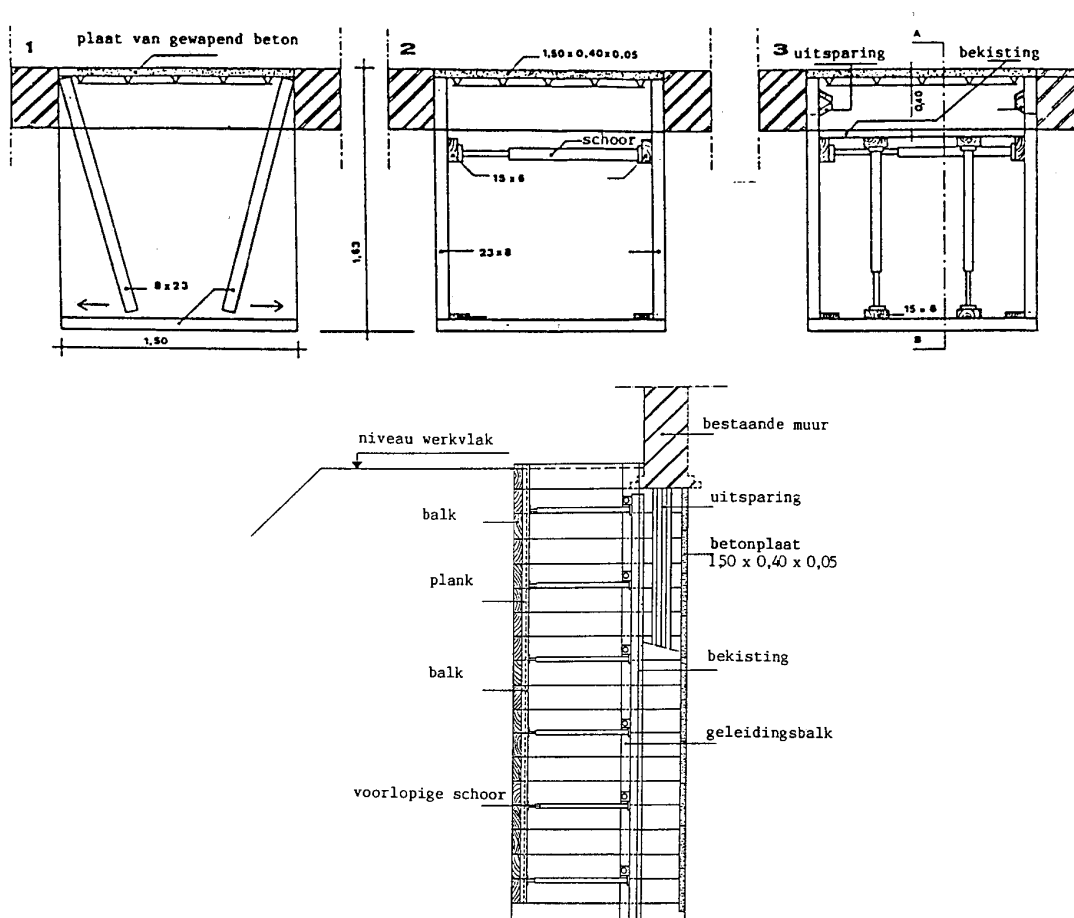


Figuur 39

### 6.7.2. Onderschoeiing door middel van beschoeide putten.

Wanneer de hoogte waarover de funderingen moeten verdiept worden groter wordt dan 2 à 3 m dan is het aangewezen om de verdieping niet meer met ondermetseling uit te voeren maar door onderschoeiing met beschoeide putten.

Bij het uitgraven van onderschoeiingen door middel van beschoeide putten wordt de grond onder de bestaande funderingen weggegraven in opeenvolgende lagen van ongeveer 40 cm en wordt er systematisch een beschoeiing aangebracht. De beschoeiing bestaat deels uit geprefabriceerde betonplaatjes en uit houten balken. De grond onder de bestaande funderingen wordt meestal weggegraven over een lengte van 1,50m. Naast de bestaande fundering wordt de grond over een zodanige breedte weggegraven dat er voldoende werkruimte beschikbaar wordt voor het uitvoeren van de beschoeide put, (cfr. fig. 40).



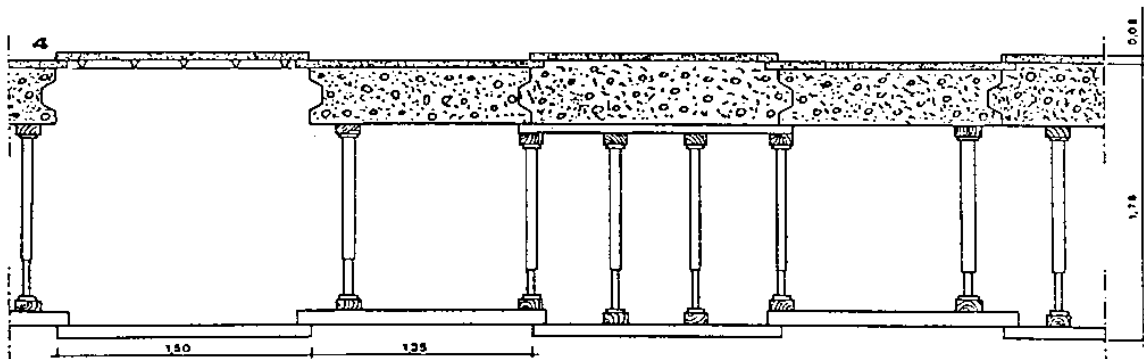
Figuur 40

De beschoeiingselementen worden op elkaar afgestut door middel van speciale stempels. Na het aanbrengen van de beschoeiingselementen wordt de grond 40cm dieper weggegraven en worden er nieuwe beschoeiingselementen aangebracht. Aldus wordt verder gewerkt tot de vooropgestelde diepte bereikt is.

Bij het uitvoeren van de beschoeide putten dient de grond met de nodige zorg te worden weggegraven zodat de beschoeiingselementen goed aansluiten met de erachter gelegen grond. Holten welke tussen de grond en de beschoeiingselementen achterblijven als gevolg van onregelmatigheden bij het uitgraven kunnen na verloop van tijd immers aanleiding geven tot zettingen.

Na het bereiken van de vooropgestelde diepte wordt er in de gerealiseerde beschoeide put een wand gebetonneerd onder de bestaande fundering. Daartoe wordt eerst de nodige wapening aangebracht en wordt er een bekisting geplaatst. In de aldus gebetonneerde betonwand kunnen de nodige uitsparingen worden voorzien voor het plaatsen van grondankers, het maken van verbindingen met vloerplaten ... .

Door het uitvoeren van een aaneensluitende rij beschoeide putten is het mogelijk om onderschoeiingswanden te realiseren, (cfr. fig. 41). Daarbij wordt er dan gewerkt met primaire en secundaire moten. Om de spanningstoename in de onmiddellijk naast de sleuf gelegen zones te beperken dient er steeds een voldoende tussenafstand te worden gerespecteerd tussen de gelijktijdig of na elkaar uitgevoerde moten. In het algemeen wordt de fasering 1, 5, 9, 3, 7, 11, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ... toegepast. Bij het uitvoeren van de secundaire (pare) moten worden de beschoeiingselementen achter de reeds gebetonneerde wanden geplaatst en wordt de stempeling aangepast.



Figuur 41

Het grote voordeel van dergelijke uitvoeringswijze ligt in het feit dat de grond onder de fundering slechts over een beperkte hoogte wordt vrijgemaakt en er systematisch een beschoeiing wordt aangebracht. Op deze wijze kan er op een veilige wijze tot op grote diepte (tot meer dan 10 meter) worden uitgegraven. De werkzaamheden kunnen ook zonder problemen over meerdere dagen gespreid worden.

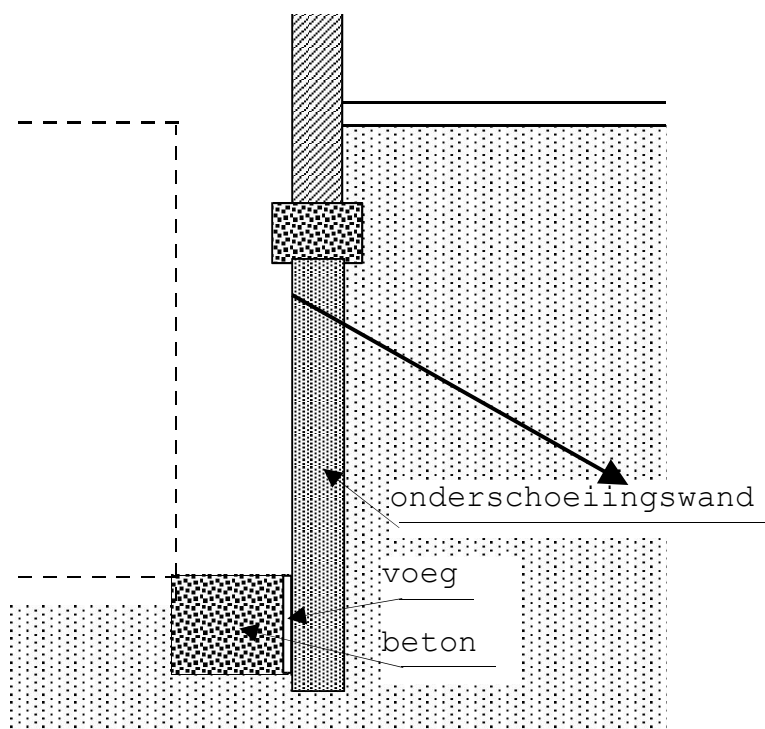
Voor het uitvoeren van dergelijke onderschoeiingen is het absoluut noodzakelijk dat het grondwaterpeil voldoende diep gelegen is of voldoende werd verlaagd. Beperkte waterintredes bv. juist boven minder doorlatende lagen kunnen bij de uitvoering van onderschoeiingen reeds problemen opleveren.

Doordat er in een beschermde omgeving gewerkt wordt kan er in de beschoeide sleuf een klassieke gewapende betonwand worden aangebracht. Men houdt er dan wel best rekening mee dat de werkomstandigheden in een sleuf van ca 1,50 m x 1,50 m niet optimaal zijn en dat daarom best zo eenvoudig mogelijke wapeningssystemen voorzien worden.

Het horizontaal evenwicht van onderschoeiingswanden kan worden verzekerd met stempels, met grondankers of met de op te richten constructie zelf.

Ten einde het draagvermogen van de wand en het horizontaal evenwicht ervan te verzekeren is nodig om een voldoende steek

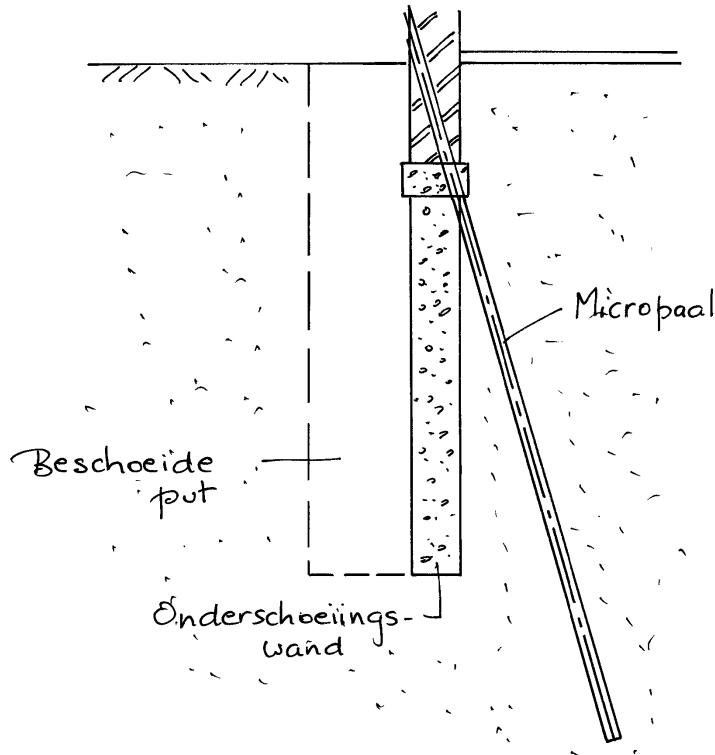
te voorzien t.o.v. het te realiseren uitgravingspeil. Het is daarbij aangewezen om deze steek zodanig uit te voeren dat er geen verbinding ontstaat tussen de onderschoeiingswand en de fundering van de nieuw op te richten constructie. Dit kan op een vrij eenvoudige wijze gebeuren door in eerste instantie de onderschoeiingswand over de volledige hoogte uit te voeren en pas daarna de sleuf op te vullen met gestabiliseerd zand of ongewapend beton (cfr.fig. 42). Tussen deze materialen en de onderschoeiingswand wordt dan een voeg gerealiseerd bv. door middel van isomo of een gelijkaardig materiaal. Op deze wijze wordt voorkomen dat de onderschoeiingswand volledig wordt meegetrokken wanneer de fundering van de op te richten constructie belangrijke zettingen ondergaat.



Figuur 42

Wanneer de onderschoeiingswanden moeten worden uitgevoerd onder funderingen die niet erg stabiel zijn of wanneer de onderschoeiingswand moet worden aangezet in een weinig draagkrachtige laag, kan een goede oplossing erin bestaan om voorafgaandelijk aan de onderschoeiing micropalen aan te brengen doorheen de bestaande funderingen. Op deze wijze wordt dan de belasting van de fundering overgedragen naar diepergelegen draagkrachtige lagen en kunnen de zettingen tijdens de uitvoering van de onderschoeiing beperkt worden, (cfr.fig. 43).





Figuur 43

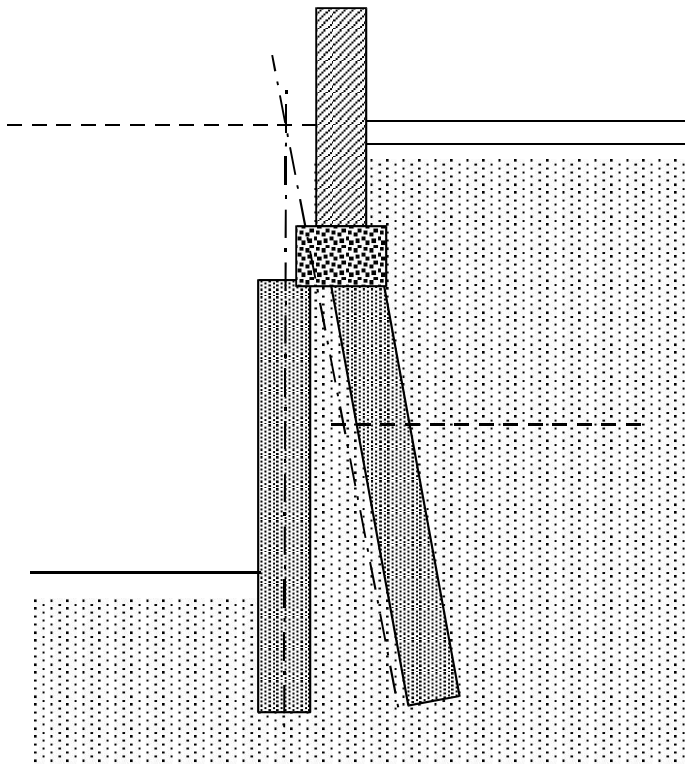
### 6.7.3. Jet grouting.

Wanneer het grondwaterpeil niet mag verlaagd worden dan is het nog mogelijk om onder de bestaande funderingen een grondkerende wand te realiseren door middel van jet-grouting. Mits een verzorgde uitvoering is het ook mogelijk om volgens deze methode wanden uit te voeren welke over een zekere hoogte waterkerend zijn.

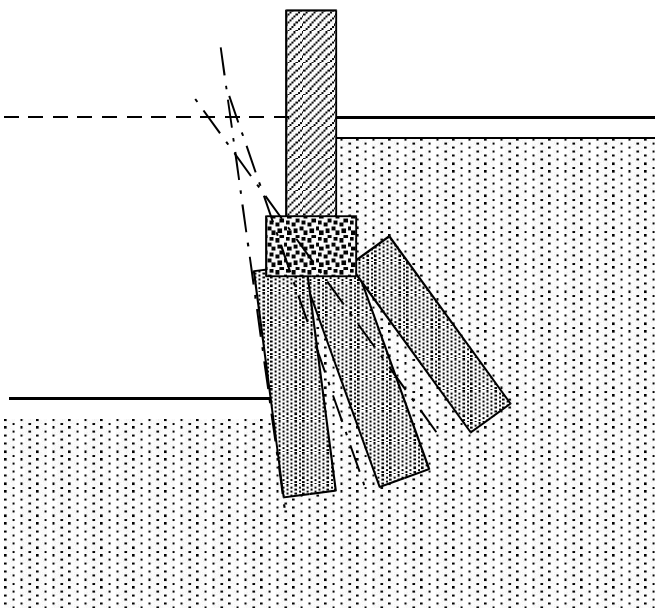
Ten aanzien van de verdieping van de bestaande fundering bestaan er twee benaderingen:

- in ons land worden in het algemeen schuine groutkolommen aangebracht doorheen de bestaande fundering en verticale groutkolommen naast de bestaande fundering (cfr.fig. 44). Mede door het feit dat er tegen de groutkolommen altijd een definitieve wand moet worden aangebracht, geeft een dergelijke uitvoeringswijze altijd aanleiding tot een zeker verlies aan beschikbare ruimte.
- een andere mogelijkheid die bv. in Duistland veel wordt toegepast bestaat erin om de groutkolommen volledig onder de bestaande fundering aan te brengen (cfr.fig. 45). Wegens het feit dat er dan meerdere kolommen op dezelfde plaats moeten worden uitgevoerd is deze techniek veel moeilijker en delicateser en als gevolg daarvan ook aanzienlijk duurder. Het verlies aan beschikbare ruimte wordt dan wel tot een minimum

beperkt.



Figuur 44



Figuur 45

De jet-grouting techniek heeft het grote voordeel dat ze in nagenoeg alle gronden kan worden toegepast. Het ontwerp en de uitvoering ervan berust evenwel nog grotendeels op ervaring en een beperkt aantal empirische regels. De zorg welke aan de uitvoering wordt besteed is in een belangrijke mate bepalend voor het uiteindelijke resultaat.

Bij het uitvoeren van jet groutkolommen vlak naast en onder bestaande funderingen dient men er steeds voor te worden gezorgd dat er specie naar het oppervlak terugstroomt via de ringvormige ruimte omheen de boorstangen. Van zodra dit niet

het geval is moet het injecteren worden stopgezet. Anders ontstaat er een reëel risico dat de grond en de bovengelegen fundering wordt opgelicht.

Het grote nadeel van de jet-grouting methode ligt nog steeds in het feit dat het niet mogelijk is om tijdens de uitvoering te controleren wat er gerealiseerd wordt (bv. diameter van de kolommen, te verwachten druksterkte, ....). Indien dergelijke technieken kunnen op punt gesteld worden zal de techniek wellicht nog een veel grotere verspreiding kennen dan nu reeds het geval is.

## 7. Besluit.

Bij het ontwerp en de uitvoering van kelderconstructies, komen veel elementen aan bod: grondwaterverlaging, beschoeiing, draagvermogen, vervormingen .... . In veel gevallen zijn speciale maatregelen nodig om ervoor te zorgen dat de hinder in de omgeving tot aanvaardbare normen beperkt blijft.

De praktijk leert evenwel dat het niet altijd mogelijk is om deze hinder volledig weg te nemen en dat er toch schade wordt aangericht aan nabijgelegen constructies. Als gevolg van grondwaterverlagingen kan er zelfs schade ontstaan tot op een relatief grote afstand van de bouwput (1 km en meer).

Wanneer er ergens schade ontstaat geeft dit meestal aanleiding tot langdurige discussies welke zeer dikwijls voor de rechtbank beslecht worden. In heel wat gevallen is het mogelijk om dergelijke discussies te vermijden. Er dienen voor de aanvang der werken dan wel duidelijke afspraken te worden gemaakt in verband met wat kan en wat mag, en wie er tussenkomt voor welke schades.

Bij het ontstaan van schade wordt het oplossen van de schuldvraag zeer dikwijls erg bemoeilijkt door het feit dat er geen controlemetingen werden doorgevoerd. Voor belangrijke bouwputten naast bestaande constructies zouden er systematisch controlemetingen dienen te worden uitgevoerd, o.a. door het regelmatig opmeten van de verplaatsingen van beschoeiingselementen, zettingen, krachten in grondankers .... . Dergelijke metingen zouden er dan ook toe bijdragen dat er een beter inzicht wordt verkregen i.v.m. het gedrag van de beschoeiingselementen, grondankers en dat er als gevolg daarvan later op een meer economische of een veiliger manier kan gebouwd worden. De kosten van dergelijke metingen zouden op dezelfde wijze moeten worden opgenomen in het budget als de kosten van het grondonderzoek.

Het komt nog regelmatig voor dat ontwerpers schrik hebben om diepe bouwputten te laten aanleggen naast bestaande constructies. Mits het inzetten van de juiste technieken is het thans mogelijk om zeer complexe bouwputten met succes te realiseren. De kostprijs kan dan wel erg hoog oplopen.

De vraag die dan moet gesteld worden is of het met het ter beschikking staande budget wel mogelijk is om de bouwput op een technisch verantwoorde wijze uit te voeren. Alleen wanneer men over een goed inzicht beschikt betreffende de mogelijk toepasbare technieken is het mogelijk om deze vraag op een wetenschappelijk verantwoorde wijze te beantwoorden.

In al te veel gevallen wordt de uitvoeringswijze eerder gekozen in functie van het ter beschikking staande budget dan in functie van technische eisen.

Referenties:

CUR publikatie 166: Damwandconstructies.

KVIV, Cursus Permanente Vorming: Praktijk van de Grondmechanica en Funderingstechniek.

Maertens J. (1993): Speciale technieken voor het werken naast en onder bestaande funderingen, Infrastructuur in het leefmilieu, 5/93