



*Handboek Sleufloze Technieken NSTT*  
**MODULE OPENFRONT BOORTECHNIEKEN**

Deze versie is bedoeld voor een consultatie onder de leden van de NSTT.  
Deze consultatie loopt tot 31 januari 2022.

Reacties kunnen ingediend worden via [info@nstt.nl](mailto:info@nstt.nl).

Alle reacties worden verzameld, gewogen en verwerkt in de definitieve versie. Na verwerking stelt het NSTT-bestuur de versie vast voor definitieve publicatie.

## Colofon

### Status

Deze publicatie vormt een onderdeel van de reeks modules binnen het digitale Handboek Sleufloze Technieken NSTT van de Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen. Deze versie XX van de Module Openfront boortechnieken is, na een ledenconsultatie, op XXXX vrijgegeven door het Bestuur van de Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen (NSTT).

### Vrijwaring

NSTT is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij de gebruiker of derden ontstaat door het toepassen van dit document.

### © Copyright 2022 NSTT

Overname van tekstdelen en beeld is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij NSTT.

Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door NSTT goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel hieraan rechten te (kunnen) ontleen.

### Bronnen beeldmateriaal

NSTT, Watt-Infra BV, Kouwenberg Infra BV, ISTT

### Bestelwijze

Dit document is alleen in digitale vorm te verkrijgen. U kan deze downloaden via [www.nstt.nl](http://www.nstt.nl).

### Actuele versie

Op [www.nstt.nl](http://www.nstt.nl) treft u de meest actuele versie van deze module en andere modules uit deze reeks.

Herzieningen van deze en andere modules worden aangekondigd in de NSTT-nieuwsbrief. U kunt zich hiervoor aanmelden via [www.nstt.nl](http://www.nstt.nl).

### Aan deze versie werkten mee

Watt-Infra BV (penvoerder), Kouwenberg Infra BV, NSTT

## Woord vooraf

Deze module 'Openfront Boortechnieken' is één van de modules die tezamen het digitale 'Handboek Sleufloze Technieken NSTT' vormen. Dit Handboek kent zowel technische als meer procesmatige modules. De technische modules beschrijven verschillende sleufloze aanleg- en renovatietechnieken alsmede de parameters die gelden bij ontwerp en toepassing van de technieken. De beleidsmatige modules beschrijven de kaders waaronder sleufloze technieken kunnen worden toegepast.

De volgende modules zijn of worden op korte termijn uitgebracht.

- PM
- 

De modules worden door de NSTT (Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen) kosteloos gepubliceerd om kennis over sleufloze technieken te vergroten en toepassing ervan te bevorderen.

De NSTT is dé sectorvereniging van meer dan 200 bedrijven, (overheids-)instanties en personen die te maken hebben met sleufloze technieken. De NSTT heeft tot doel om bijdragen te leveren aan de ontwikkeling van sleufloze technieken en het bekendmaken van de mogelijkheden. De NSTT is internationaal aangesloten bij de ISTT - International Society For Trenchless Technology. Daarbij zijn circa 25 landenorganisaties aangesloten. Het is een belangrijk instrument om tot internationale uitwisseling van kennis en ervaringen te komen.

Leden van de NSTT hebben de taak op zich genomen om als (hoofd)auteurs en kennisdragers bijdragen te leveren aan de verschillende modules. Het bestuur van NSTT heeft als redactieraad haar deskundigheid ingebracht.

En dat allemaal onder het motto: *"Denk Sleufloos, graven kan altijd nog"*.

## Inhoud

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Woord vooraf .....                                                | 3  |
| 1. Inleiding .....                                                | 5  |
| 1.1 Ontwikkeling sleufloze aanlegtechnieken in vogelvlucht .....  | 5  |
| 1.2 Voorlopers van de open front boortechnieken.....              | 5  |
| 2. Open front boortechniek (OFT) .....                            | 7  |
| 2.1 Basisprincipe.....                                            | 7  |
| 2.2 Toepassingen.....                                             | 7  |
| 3. Grondsoorten .....                                             | 9  |
| 3.1 Natuurlijk talud.....                                         | 9  |
| 3.2 Veenpakket.....                                               | 10 |
| 3.3 Opgesloten water .....                                        | 10 |
| 4. Grondwaterrisico's .....                                       | 11 |
| 4.1.1 Bemaling.....                                               | 11 |
| 4.1.2 Kleppenkast en waterslot.....                               | 11 |
| 5. Handmatige of mechanische ontgraving.....                      | 12 |
| 5.1 Handmatig ontgraven of via karretjes.....                     | 12 |
| 5.2 Avegaar.....                                                  | 13 |
| 5.2.1 Basis van de techniek .....                                 | 13 |
| 5.2.2 Boorproces .....                                            | 13 |
| 5.3 Gestuurde avegaar .....                                       | 14 |
| 5.3.1 Basis van de techniek .....                                 | 15 |
| 5.3.2 Boorproces .....                                            | 15 |
| 6. Aanbrengen leiding na doorpersing .....                        | 17 |
| 6.1 Buis aanbrengen middels pilotstang .....                      | 17 |
| 5.1 Buis aanbrengen als casing met de pilotstang of avegaar ..... | 17 |
| 7. Noodzakelijke perskracht.....                                  | 18 |
| 7.1 Algemeen.....                                                 | 18 |
| 7.2 Berekenen theoretische perskracht.....                        | 18 |
| 8. Boorbuizen .....                                               | 19 |

## 1. Inleiding

### 1.1 Ontwikkeling sleufloze aanlegtechnieken in vogelvlucht

Al meer dan een eeuw worden kabels en leidingen in de ondergrond aangelegd. Aan het einde van de 19de eeuw had Nederland vijf nutsnetten: gas, water, elektra, riolering en telefoon, allemaal in handen van lokale overheden. Vanaf de vijftiger tot tachtiger jaren van de vorige eeuw kwamen er meerdere netwerken bij, bijvoorbeeld openbare netten voor gastransport, stadsverwarming, kabeltelevisie, maar ook private netwerken voor banken en industrie. Aanleg van deze netten gebeurde traditioneel door graven in de ondergrond en afzinken bij het kruisen van een waterweg.

Halverwege de 20<sup>ste</sup> eeuw nam de drukte van kabels en leidingen in de ondergrond nam steeds meer toe en werd het onderbreken van spoor-, water- en autowegen, door grotere economische en maatschappelijke afhankelijkheid, steeds moeilijker. Dit leidde in de jaren zestig tot de eerste toepassingen van sleufloze technieken met openfront- en raketboringen. De eerste boringen zijn voor de Gasunie uitgevoerd, maar al snel volgden andere opdrachtgevers. Begin jaren tachtig wordt de gesloten front techniek geïntroduceerd, later gevolgd door de horizontaal gestuurde boring.

Maatschappelijke aspecten, zoals het minimaliseren van de bovengrondse hinder, de veiligheid in de openbare ruimte en technische ontwikkelingen van de boorsystemen zorgden in de jaren negentig voor een toename van het gebruik van sleufloze technieken. Later kwam daar als argument de steeds schaarser wordende ruimte voor kabels en leidingen in de ondergrond nog bij.

Begin 2000 zijn op grote schaal telecommunicatienetwerken (glasvezel) aangelegd. Dit zorgde voor een piek in het gebruik van met name horizontaal gestuurde boringen en raketboringen. In de jaren daarna zijn diverse netten verder uitgebreid en vernieuwd. Bij het vernieuwen van de netten bleven de oude netten vaak liggen wat voor verdere schaarste in de ondergrond zorgde. Het grote aantal netten in de ondergrond in combinatie met het grote aantal grondroeringen leidde tot veel schade aan deze ondergrondse netten. Om deze graafschades te beperken en bestaande en toekomstige netten nauwkeuriger te registreren, is in 2008 de wet WION (Wet Informatie Ondergrondse Netten) ingevoerd.

De laatste jaren worden ook bestuurders zich meer en meer bewust van de schaarste in de ondergrond. Dit leidt met name in de grote steden tot aangepast beleid met betrekking tot ligging en richtlijnen voor aanleg en onderhoud van netten.

De komende jaren zullen er veel nieuwe netten worden aangelegd en bestaande netten worden vernieuwd. Dit wordt veroorzaakt door de energietransitie en een toenemend aantal woningen (dus aansluitingen), maar ook doordat veel netten aan het einde van hun technische levensduur zijn gekomen. Door de schaarste in de ondergrond in combinatie met de druk om hinder in de publieke ruimte te minimaliseren, zal veel aanleg en vervanging van deze netten sleufloos plaats vinden.

*Zonder noemenswaardige verstoringen van de bovengrondse activiteiten is de inzet van sleufloze technieken voor de leidingen-infrastructuur de oplossing van de toekomst.*

### 1.2 Voorlopers van de openfront boortechnieken

De oudste waterleiding van Europa is 3500 jaar geleden aangelegd op Kreta door Koning Minos. Verder is bekend dat in het oude China water werd getransporteerd van de beken in de bergen via holle stammen van bamboeplanten naar huizen van de welgestelden.

De Romeinen legden 2000 jaar geleden in Centraal- en Zuid-Europa uitgebreide systemen aan voor vervoer van water door gemetselde kanalen en via pijpen van brons, gebakken klei of lood.

In Nederland liet einde 17e eeuw prins Willem III voor zijn paleizen Het Loo in Apeldoorn en Soestdijk in Baarn waterleidingen aanleggen. Deze waterleidingen bestonden uit pijpen voorzien van flenzen, waardoor over flinke afstand én onder druk, water kon worden getransporteerd.

In de 19<sup>e</sup> en 20<sup>e</sup> eeuw deden ook de olie en aardgas hun intrede en werden meer en meer pijpleidingen aangelegd. Verschillende materiaalsoorten, waaronder gietijzer, staal, PVC, PE en andere meer moderne materialen als o.a. glasvezel ontwikkelden zich. Voor het kruisen van waterwegen (rivieren) moest een sleuf worden uitgebaggerd en werd een zinker, die vooraf op maat was gemaakt, ingevaren. Het scheepvaartverkeer moest dan urenlang worden stilgelegd.

Met de toename van de drukte op spoor-, verkeers- en vaarwegen werd stilleggen van 'verkeer' maatschappelijk steeds minder aanvaardbaar. Aannemers zijn toen technieken gaan ontwikkelen die het mogelijk maakten om de buis of leiding aan te leggen zonder het 'verkeer' stil te leggen: het begin van het gebruik van *moderne* sleufloze technieken.

Sleufloze technieken bestaan namelijk al vele jaren, dit in tegenstelling tot de wijdverbreide mening dat het iets nieuws is. Reeds in de oudheid, duizenden jaren geleden, werden de pijpen via primitieve perstechnieken in de grond gedrukt en groef men (met de hand) horizontale gaten (tunnels) in de grond. Rond het midden van de 20<sup>e</sup> eeuw hebben de technieken zich steeds verder ontwikkeld, zowel qua vorm als perfectie.

Een van de eerste sleufloze technieken die werd toegepast is de openfront boorteknik (OFT).

Met gebruik van deze techniek werden in de 18<sup>e</sup> eeuw al tunnels gemaakt. Dit gebeurde middels een handmatige ontgraving voor in de boorkop. Hoewel heden ten dage de handmatige ontgraving inmiddels is vervangen door high-tech machines en de tunnels van toen veel kleiner van diameter zijn geworden, is het principe van de openfront boorteknik van 300 jaar geleden in de basis nog steeds hetzelfde en levert deze een bijzonder belangrijke bijdrage aan de ondergrondse infrastructuur.

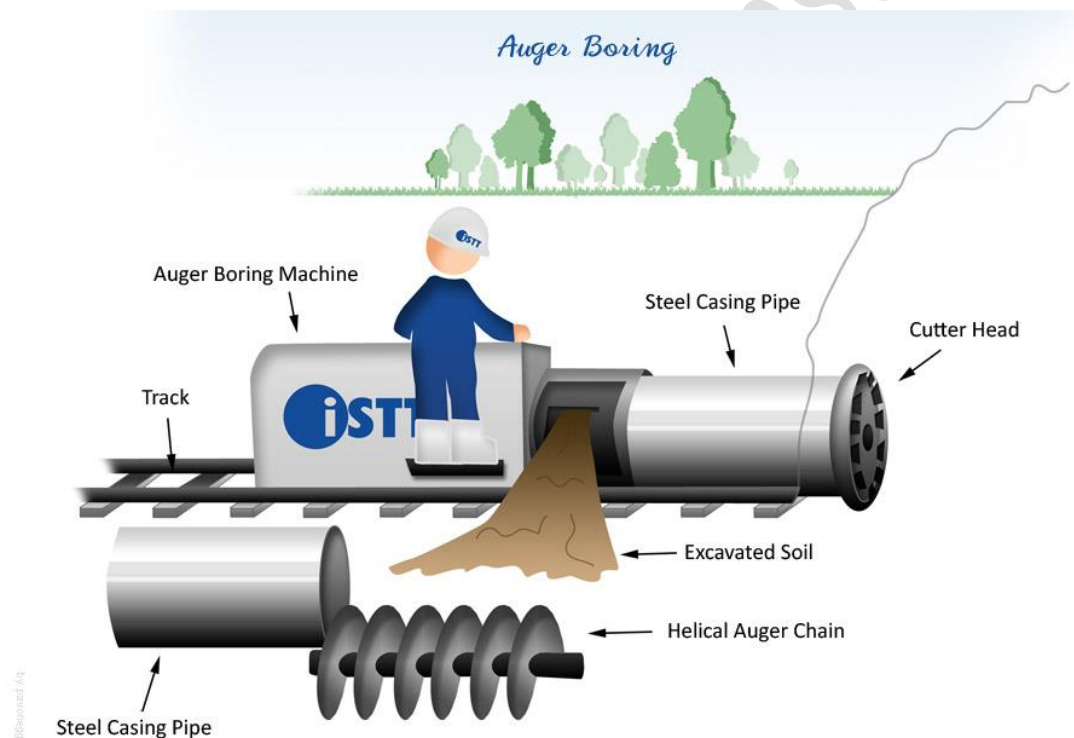
## 2. Openfront boortechniek

### 2.1 Basisprincipe

De openfront boortechniek (OFT) is een buisdoorpersingsmethode, waarbij een buis met een open voorkant door middel van hydraulische vijzels in de grond wordt geperst. Aan de voorzijde van de te installeren buis bevindt zich een snijrand waarmee tijdens het persen de grond voor de te installeren buis wordt losgesneden. Deze grond wordt via een avegaar in de open buis afgevoerd. Bij grotere diameters kan handmatige afvoer van grond plaatsvinden.

Vanuit de startput, die ook wel persput wordt genoemd, wordt een buiselement de grond ingedrukt. Wanneer het buiselement is weg-geperst, worden de vijzels teruggetrokken en kan een nieuw element aangekoppeld en weg-geperst worden. Dit proces gaat door totdat men de ontvangstput of ontvangstuip heeft bereikt. Zo ontstaat een aaneenschakeling van buizen tussen pers- en ontvangstput die als mantelbuis voor een nieuwe (nuts)voorziening kan dienen of zelfs als mediumvoerende buis ingezet kan worden.

In figuur 1 is het principe schematisch weergegeven.



Figuur 1: Het (vereenvoudigde) principe van een openfront boortechniek, waarbij de grond door de snijrand op de boorbuis wordt weggegraven via de avegaar door de buis wordt afgevoerd.

Omdat een OFT een open verbinding heeft met de omgeving vindt de boring plaats boven het grondwaterpeil. Als men met een OFT een buis wil aanleggen die dieper ligt dan het grondwater moet men het grondwater verlagen of een waterslot of kleppenkast (zie hoofdstuk 4) toepassen.

Het verlagen van het grondwater of het nemen van maatregelen tegen de instroming van grondwater is noodzakelijk vanwege de open verbinding die bestaat met de ongeroerde grond en het grondwater aan de voorzijde, waardoor water en zand als "loopzand" anders ongecontroleerd naar binnen kunnen lopen.

### 2.2 Toepassingen

De methode van de OFT vindt regelmatig zijn toepassing. Er zijn geen daarbij standaard lengtes en diameters bepaald. Dit is situationeel. Generiek geldt: hoe kleiner de diameter hoe groter de lengte. Gedacht moet worden aan een minimale diameter van 150 mm bij een maximale lengte van ca. 150 m en een gebruikelijke maximale diameter van 1500 mm bij een lengte van 100 m. Ook grotere diameters tot ca. 3 m zijn onder bepaalde omstandigheden mogelijk. Alleen zullen daarbij altijd kortere lengtes aan de orde zijn.

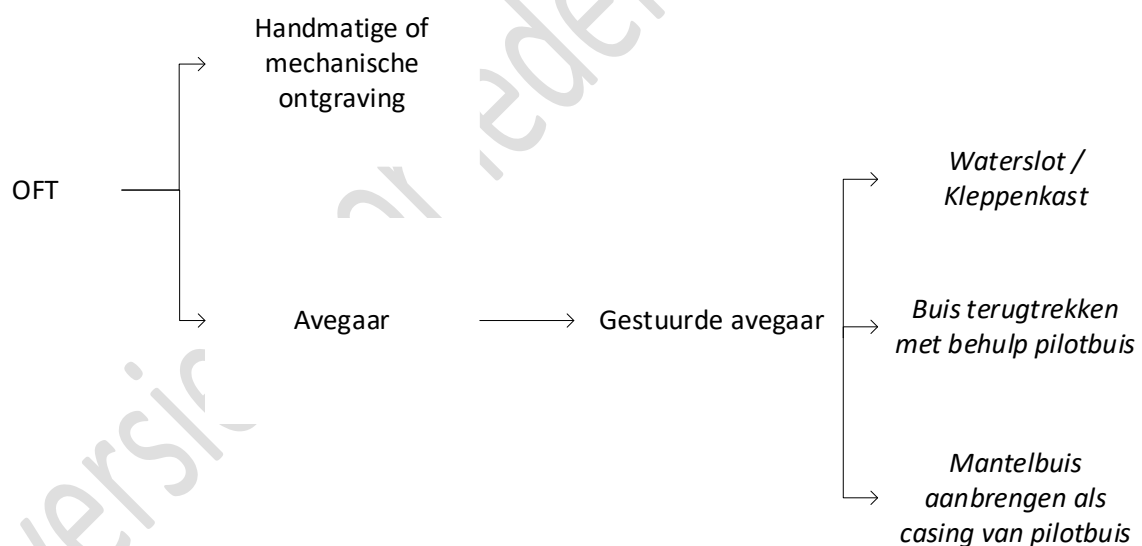
Openfront boortechnieken worden vooral gebruikt bij het kruisen van wegen, spoorbanen en bestaande ondergrondse obstakels. Door de beperkingen in de openbare ruimte (bijv. winkelgebieden) wordt de aanleg van steeds grotere delen van een netwerk middels OFT uitgevoerd. Met OFT kunnen mantelbuizen voor kabels en leidingen worden aangelegd maar ook is het mogelijk om direct een medium-voerende buis aan te leggen.

De techniek is in principe geschikt voor alle in Nederland voorkomende grondsoorten.

De perskrachten die nodig zijn om de boring door te duwen worden veroorzaakt door de wrijving tussen de leiding en de grond. Hoe langer de boring is en hoe groter de diameter van de leiding hoe groter de benodigde perskracht. Deze moet kunnen worden overgebracht via een drukscherm, of dodemansbed achter in de persput, naar de bodem. De constructie van een persput luistert daarom nauw.

Met OFT zijn in principe alleen rechte tracés mogelijk, wel zijn er combinaties met de HDD techniek waarbij gebogen tracés wel mogelijk zijn.

Onderstaande figuur 2 geeft aan welke openfront boortechnieken in deze module worden behandeld:



Figuur 2: Schema openfront boortechnieken

### 3. Grondsoorten

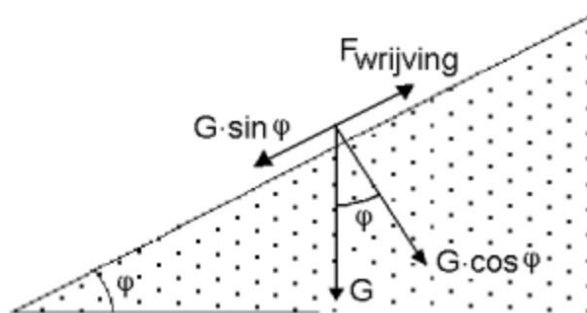
Het type grond waarin geboord wordt heeft grote invloed op het boorproces. Het beïnvloedt onder andere de perskrachten die benodigd zijn om de gewenste lengte te behalen en de afvoer en bestemming van de vrijgekomen grond. Bij de engineering van een boring is dan ook belangrijk om de grondsamenstelling te weten.

#### 3.1 Natuurlijk talud

Het natuurlijk talud is de hoek waaronder ontgraven grond uit zichzelf blijft staan. Bij een te kleine hoek kan de grond 'spontaan' de voorste buis instromen en de persing ontregelen en voor ontgrondingsrisico's zorgen.

##### Bepaling natuurlijk talud

Een gronddeeltje heeft een eigen gewicht  $G$ . Als dat gronddeeltje ligt aan de oppervlakte van het talud zal het niet na beneden glijden als de wrijvingskracht ( $F_{\text{wrijving}}$ ) gelijk is aan de afgeleide van de zwaartekracht  $G \cdot \sin \phi$ . Op het moment dat wrijvingskracht lager is dan de afgeleide van de zwaartekracht zal de grond naar beneden glijden.



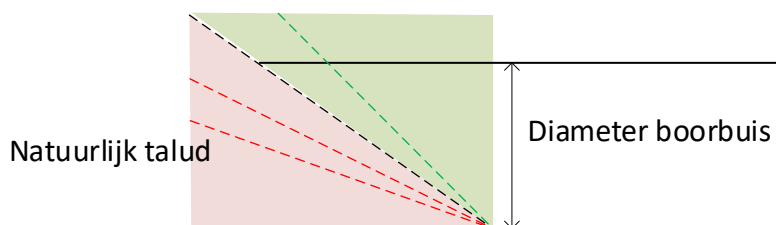
Figuur 3: Bepaling van de helling van het natuurlijk talud.

De helling van het natuurlijk talud is afhankelijk van de grondsoort. Iedere grondsoort heeft, afhankelijk van de cohesie en hoek van inwendige wrijving, een natuurlijk talud waarbij de grondsoort niet gaat schuiven.

De hellingshoek verschilt per grondsoort hieronder staan de hoeken globaal weergegeven.

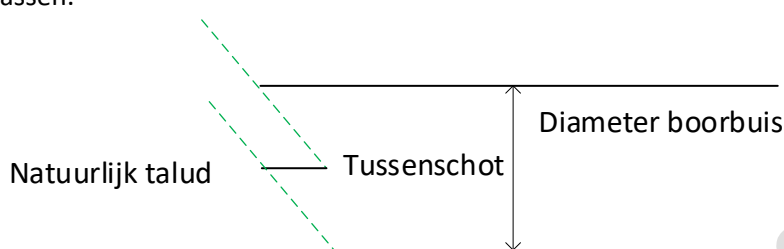
- Nat zand 22-30 graden;
- Vochtig zand 25-40 graden;
- Slappe klei 15-20 graden;
- Vochtige en magere klei 60 graden;
- Natte, slappe leemgrond 0-13 graden.

Bij een openfront boring is het belangrijk dat het natuurlijk talud van de te ontgraven grond niet in het rode gebied komt zoals op fig 4 is weergegeven. Als het natuurlijk talud in het rode gebied valt bestaat het risico dat de grond ongecontroleerd in de boorbuis kan stromen waardoor het boorfront instabiel wordt en er zettingen optreden.



Figuur 4: Risico op instromen grond bij te klein natuurlijk talud.

Indien de diameter van de boorbuis zodanig groot in relatie tot het natuurlijk talud dat men in het rode gebied komt kan men maatregelen nemen om dit risico te beheersen. Bij grotere diameters kan men een of meerdere tussenschotten plaatsen fig 5. Bij kleinere diameters kan men bijvoorbeeld de avegaar aanpassen.



Figuur 5: Tussenschot bij te laag natuurlijk talud.

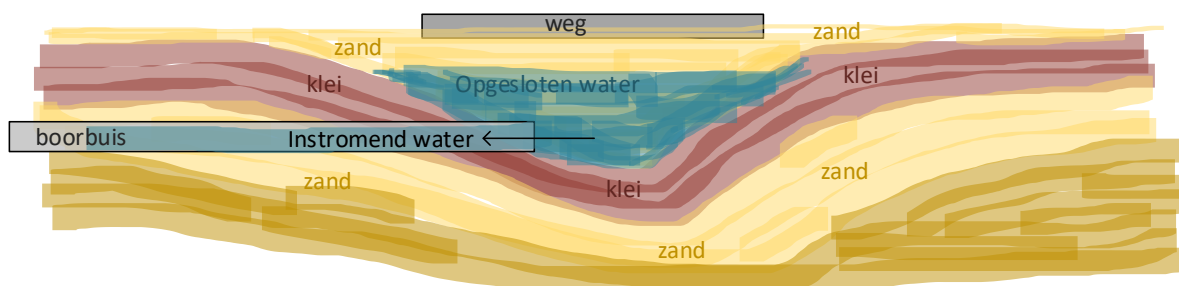
### 3.2 Veenpakket

Als een doorpersing eventueel een veenpakket kruist, dan moet rekening worden gehouden met de eventuele aanwezigheid van moerasgas en bijbehorende aanvullende maatregelen. 'Dit 'aangeboorde' gas kan via het openfront de boorbuis, en daarmee de perskuip, binnenstromen. Tevens kan het leiden tot een instabiel boorfront. Dit leidt tot risico voor mens en machine

### 3.3 Opgesloten water

Bij het kruisen van (spoor)wegen in een kleirijke omgeving bestaat er een risico dat men opgesloten water tegenkomt. Opgesloten water ontstaat doordat grondwater niet door een ondoordringbare kleilaag weg kan zinken. Een van de oorzaken dat er opgesloten water aanwezig is bij (spoor)wegen is dat bij de aanleg in kleigronden er door zettingen een "kuip" ontstaat waar het water niet weg kan zinken in de ondergrond. Het water blijft dan in deze kuip staan en loopt weg als de kleilaag bijvoorbeeld doorboord wordt. Opgesloten water komt in kleigronden ook van nature voor.

Het 'aangeboorde' opgesloten water kan via het openfront de boorbuis, en daarmee de perskuip, instromen (zie figuur 6). Dit leidt tot risico voor de omgeving, mens en machine.



Figuur 6 opgesloten water

## 4. Grondwaterrisico's

In principe vinden openfront boortechnieken alleen boven het grondwaterniveau plaats. Indien het boortracé zich onder grondwaterniveau bevindt, kan een water/grondmengsel ongecontroleerd de buis instromen met risico's voor de boring, voor de mens en de machine. Toch kan het voorkomen dat vanuit ontwerp oogpunt zich (een deel van) het boortracé onder grondwaterniveau bevindt. Ook is het risico op aanwezigheid van grondwater nooit helemaal uit te sluiten (zie o.a. par 3.2 en 3.3). Daarom kunnen diverse beheersingsmaatregelen worden getroffen om het risico van grondwater te beheersen.

### 4.1.1 Bemaling

Indien het grondwaterniveau door middel van bijvoorbeeld bemaling verlaagd wordt, kan een openfront boring ook onder het aanwezige grondwaterniveau gemaakt worden. Het verlagen van de grondwaterstand door bemalingen moet dan wel over de gehele lengte van de boring, inclusief pers- en ontvangstput, plaatsvinden. Dit is financieel niet altijd gunstig en brengt ook risico's voor de omgeving met zich mee.

De volgende risico's kunnen met bemaling optreden:

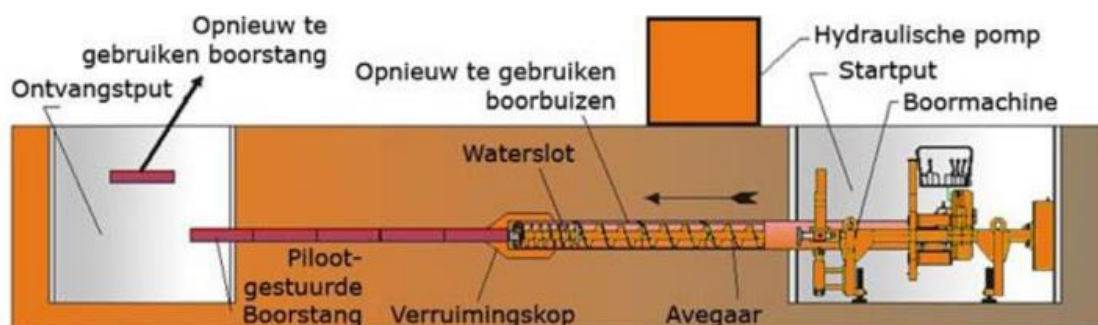
- hoger onttrekkingsdebiet dan vooraf berekend waardoor hogere kosten ontstaan en vergunning moet worden aangepast.
- zakking van de omgeving (bijv. gebouwen en gronden) door het inklinken van de grond
- schades aan natuurwaarden en gewassen door droogvallen van de wortels
- schade aan de boring door het uitvallen van de bronnering waardoor water met grond in de boorbuis stroomt.

Indien men een openfront boring met bemaling uitvoert, wordt geadviseerd om de bemaling redundant uit te voeren om risico's door uitvallen van de bemaling te minimaliseren.

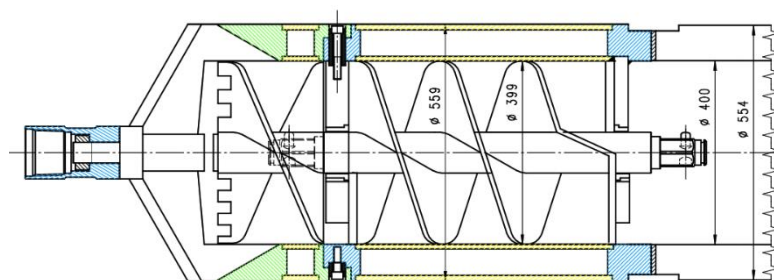
Gelet op genoemde risico's kan in voorkomende gevallen voor een alternatief gekozen worden: een andere boormethode (bijv. de gesloten front boortechniek (GFT)) of een openfront boring met kleppenkast (zie paragraaf 4.1.2).

### 4.1.2 Kleppenkast en waterslot

Een andere wijze om het grondwaterrisico te minimaliseren is het toepassen van een avegaar met kleppenkast of waterslot. Hiermee is het mogelijk om tot maximaal 2 meter onder het grondwaterniveau te boren. De kleppenkast is een verbinding tussen het boorfront en de perskuip, die voor een beperkte afdichting zorgt. De kleppenkast is gekoppeld aan de avegaar en bestaat uit twee afsluitende platen met een beperkte opening die met de avegaar meedraaien. Deze platen draaien zodanig mee dat er één altijd de buis afsluit. Doordat zo altijd de verbinding naar het openfront afgesloten is, kan het grondwater niet ongecontroleerd de buis in stromen. Doordat de platen met de avegaar meedraaien kan grond wel de platen passeren (zie figuren 7 en 8).



Figuur 7 gestuurde avegaar met waterslot

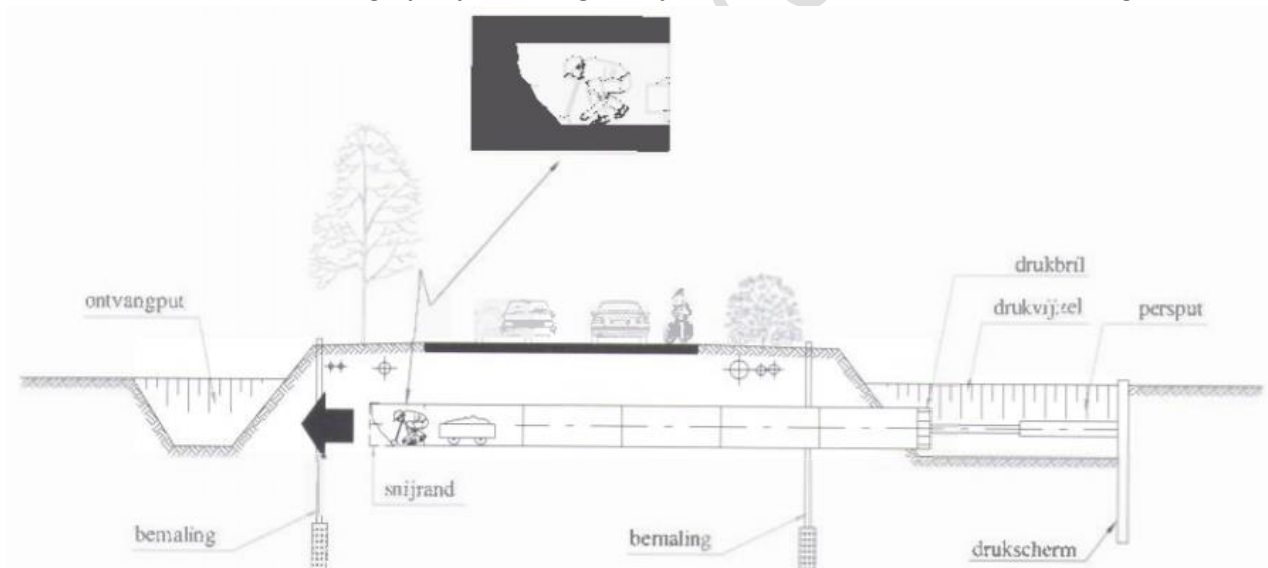


Figuur 8 waterslot

## 5. Handmatige of mechanische ontgraving

### 5.1 Handmatig ontgraven of via karretjes

Indien er sprake is van een buis van voldoende grote diameter (>1000mm), kan men vóór in de buis de grond handmatig of mechanisch verwijderen. De term handontgraving spreekt dan voor zich. Deze methode is dan ook alleen mogelijk bij menstoegeklijke diameters, vanaf ca. 800 mm. Zie figuur 9.



Figuur 9: Handmatig verwijderen van grond van het boorfront.

Om het afkalven van de grond bij het boorfront te voorkomen kan de snijrand worden voorzien van een vakverdeling (tussenschotten). Het afvoeren van de grond gebeurt met behulp van karretjes of een transportband, waarmee de afgegraven grond naar de persput wordt getransporteerd. Indien grotere diameters worden geboord, bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van lichte graafmachines (zie fig 10) of andere apparatuur. Bij het systeem van menstoegeklijke boringen kunnen met stuurvijzels achter de snijrand beperkte stuurcorrecties worden uitgevoerd.

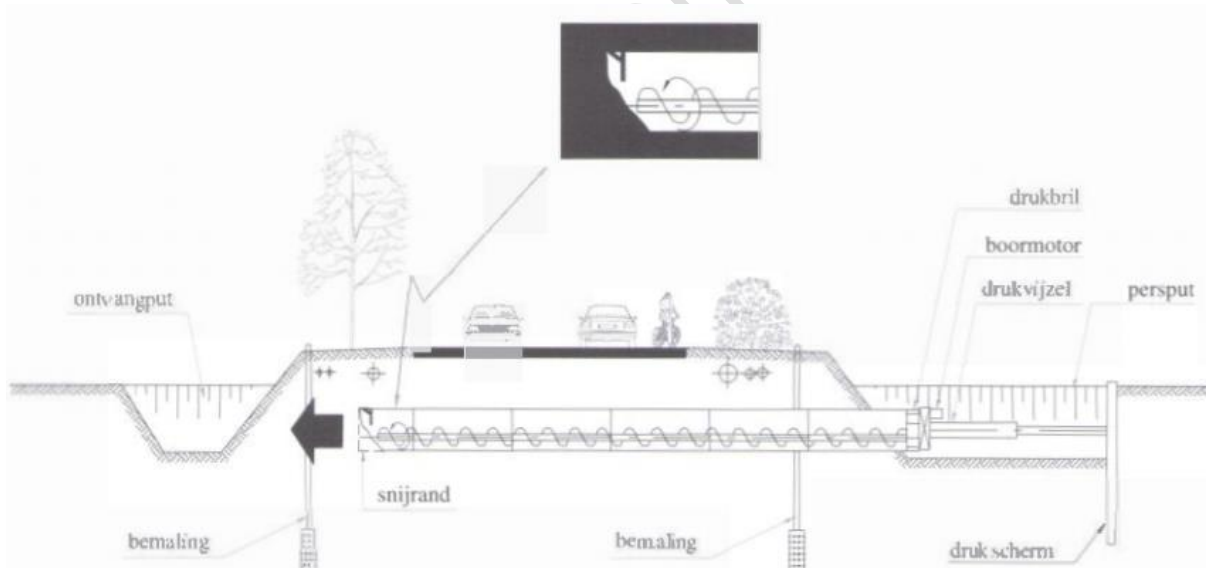


Figuur 10: Boorbuis met equipment om grond met karretjes af te voeren van het boorfront.

## 5.2 Avegaar

### 5.2.1 Basis van de techniek

Bij de avegaar boormethode gebeurt de afvoer van grond, vanaf de snijrand naar de persput, met een grondboor ofwel avegaar. Zie figuur 11.



Figuur 11: Via avegaar afgraven en verwijderen van grond van het boorfront.

Een avegaar is een soort schroefvijzel die wordt aangedreven door een boormotor in de persput. De voorkant van de avegaar, waarmee ook de grond wordt losgewoeld, bevindt zich direct achter de snijrand. Bij deze techniek is het niet nodig dat er iemand de buis in gaat. Dat betekent dat deze methode geschikt is voor kleinere diameters. Stuurcorrecties zijn daarbij niet mogelijk.

### 5.2.2 Boorproces

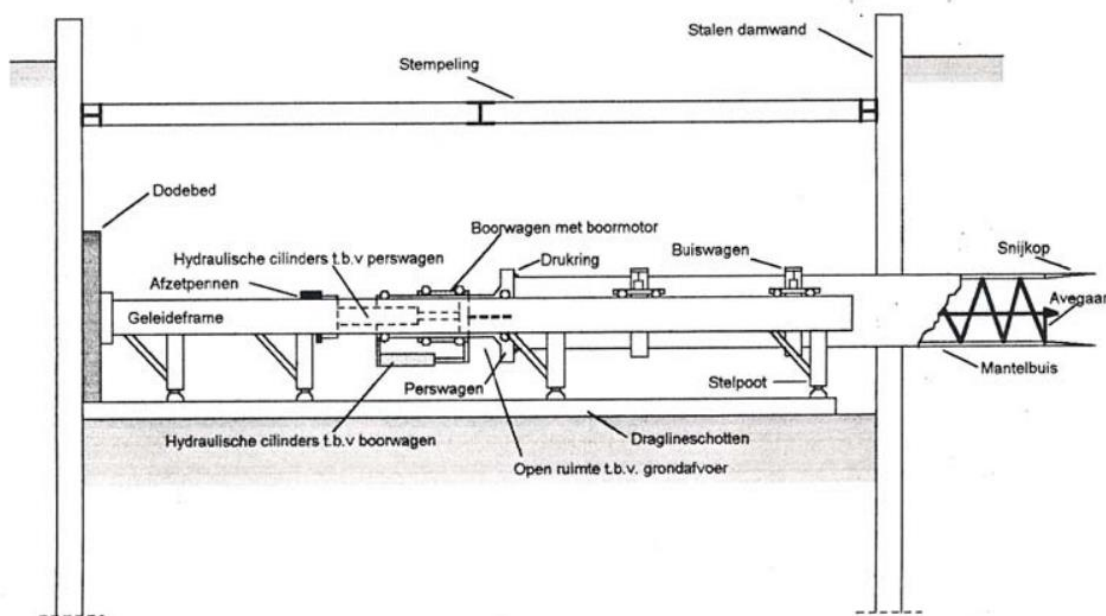
In de perskuip, waar zich de pers-/boorinstallatie in bevindt, is een dodebed aangebracht. De hydraulische vijzels (cilinders) van de persinstallatie zetten zich daar tegen af. Via een drukring worden vervolgens perskrachten overgebracht op de in de grond aan te brengen buis. De drukring moet altijd

vlak tegen de buis aan drukken, dit zorgt voor een gelijkmatige verdeling van de perskrachten over het buisoppervlak en voorkomt piekspanningen.

Door het verhogen van de druk in de perscilinders, worden de persstangen uit de cilinders gedrukt en daarmee de buis in de grond. Via de snijkop aan het boorfront (graaffront), komt grond in het eerste buiselement. Door gelijktijdig met het persen de avegaar te laten draaien, wordt de ingekomen grond losgewoeld en naar de persput afgevoerd. De avegaar wordt aangedreven door een motor, die aan het geleiderframe van de persinstallatie is bevestigd. De aandrijving van de avegaar geschiedt meestal hydraulisch. De grond wordt vervolgens hand of machinaal uit de persput verwijderd en afgevoerd. De snelheid van persen en de rotatiesnelheid van de avegaar moeten goed op elkaar afgestemd zijn, anders kan er 'propvorming' in de buis of 'over-ruimte' aan het graaffront ontstaan.

- Propvorming: De avegaar draait te langzaam ten opzichte van de perssnelheid. Als de avegaar te langzaam draait, dan wordt te weinig grond uit de buis weggehaald. Dit heeft tot gevolg dat er een grondophoping voor de snijkop ontstaat, een zogenaamde 'prop'. De perskrachten kunnen oplopen met het risico dat bovenliggende grond opperst.
- Over-ruimte: De avegaar draait te snel ten opzichte van de perssnelheid. Als de avegaar te snel draait, dan wordt er teveel grond weggehaald. Dit heeft tot gevolg dat een overruimte ontstaat, met het risico op zakking van de bovenliggende grond. De snijkop verliest zijn kopdruk en kan niet goed meer functioneren.

De nauwkeurigheid van een doorpersing neemt af naarmate de lengte groter wordt. Stuurcorrecties zijn in de meeste gevallen niet mogelijk. Door de stijfheid van de persbuis, met name wanneer die in staal is uitgevoerd, kunnen de afwijkingen redelijk worden beperkt. Hoe groter de diameter hoe stijver de buis, hoe minder kans op afwijking. Hou bij een ongestuurde avegaar boring rekening met een afwijking van circa 1 cm per meter.



Figuur 12: Persput met links het dodebed en rechts de boorbuis met avegaar.

Omdat stuurcorrecties nauwelijks mogelijk zijn en de kans op afwijkingen van de boorlijn aanwezig is, is deze methode - indien nauwkeurigheid belangrijk is – alleen geschikt voor kruisingen met een beperkte lengte. Indien toleranties ruimer zijn, is de methode ook geschikt voor langere lengten.

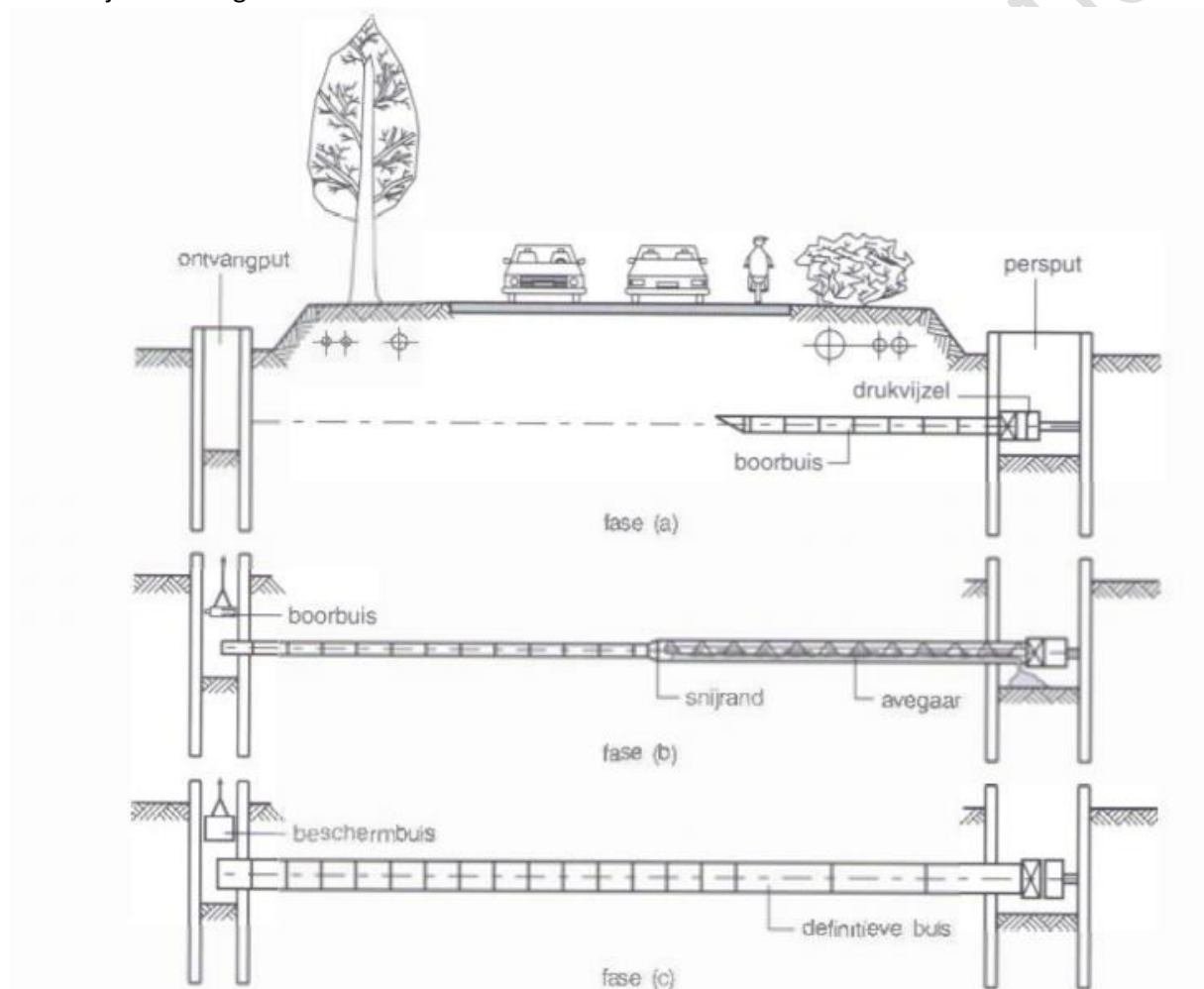
### 5.3 Gestuurde avegaar

### 5.3.1 Basis van de techniek

Omdat de eisen aan de nauwkeurigheid van sleufloze technieken steeds groter worden, is rond 2000 de gestuurde avegaar methode ontwikkeld. Bij deze openfront boortechniek wordt eerst een pilot stang geperst waarna de avegaar en boorbuis volgt.

### 5.3.2 Boorproces

Pers en ontvangst kuipen worden vergelijkbaar met de gewone avegaar geplaatst. Vervolgens wordt als eerste de pilot buis geboord. De pilotbuis is een holle buis waar aan het einde een theodoliet is geplaatst. Doormiddel van een camera met monitor kan door de holle boorbuis de positie van de boorkop worden bepaald en eventueel worden gecorrigeerd. Omdat de pilotbuis een afgeschuinde kop heeft kan door deze met de boormotor in de juiste hoek te plaatsen de richting van de boring gecorrigeerd worden. Omdat de camera door de holle buis moet kijken kan de pilotbuis alleen in een rechte lijn worden geboord



Figuur 13: Principe openfront boortechniek met avegaar afgraven en verwijderen van grond van het boorfront.

De pilotstang wordt vanaf een persput naar de ontvangstput geperst. Tijdens dit persen kunnen richting en helling met behulp van de theodoliet permanent worden bewaakt. Als de boorbuis in de ontvangput is aangekomen wordt deze gebruikt als geleiding. Aan de pilotstang wordt een snijkop gekoppeld die vervolgens met de aan te brengen buizen vanuit de perskuip achter de pilotbuis worden geperst. Het afvoeren van de grond gebeurt middels een avegaar. In de ontvangstkuip worden de pilotstangen losgemaakt en afgevoerd. De diameter van de snijkop is vrijwel gelijk aan de diameter van de te installeren buis. De avegaar en de te persen buis volgen de ingebrachte pilotstang, waardoor afwijkingen van het boortracé minimaal zijn.

#### Aandachtspunten

- Omdat de pilotstang de grond verdringt is er een risico op zettingen van het maaiveld. Het is dan ook verstandig om altijd minimaal 1 mtr maaiveld dekking te houden ten opzichte van de pilot.
- Men moet rekening houden met de grondwrijving die de pilot buis geeft bij het dimensioneren van de kuipen en bij de keuze van de boorbuis.
- De lengte van de pilotboring wordt beperkt door het feit dat de camera door de holle pilotbuis moet kunnen kijken. Bij een pilotboring moet met rekening houden met een maximale lengte van 60 mtr.

versie voor ledenconsultatie

## 6. Aanbrengen leiding na doorpersing

### 6.1 Buis aanbrengen middels pilotstang

Na de doorpersing is het boorgat klaar en moet de (product)leiding aangebracht worden. Voor kleine diameters  $\varnothing 110$  mm is het mogelijk om deze leiding direct aan de pilotstang te koppelen en onder het te kruisen object te trekken. Aandachtspunt bij de toepassing van deze methode voor kleine diameters is het risico op zettingen, doordat er geen grondverwijdering plaatsvindt. Dit treedt voornamelijk op bij ondiepe ligging.

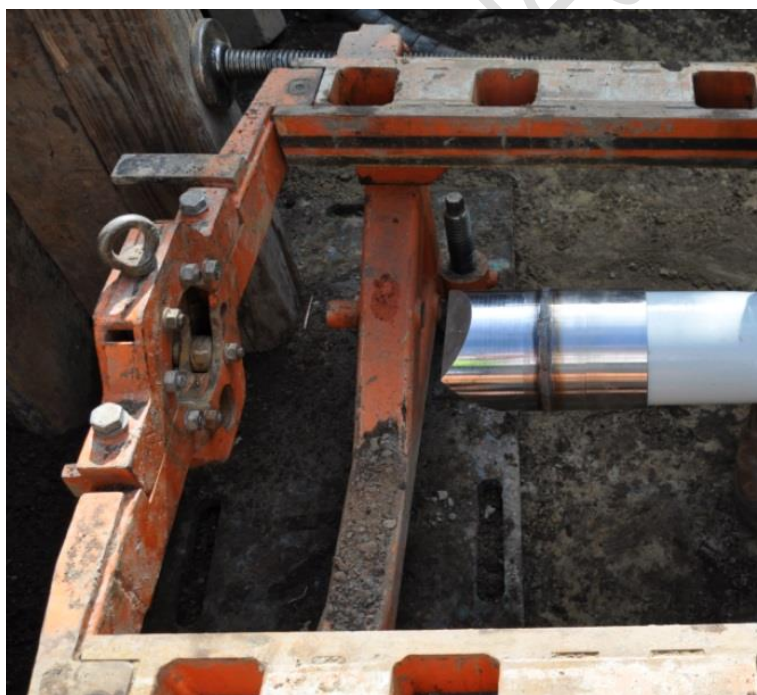
Het principe is hetzelfde als bij een gestuurde avegaar. Men boort de pilotstang naar de ontvangstuip. In de ontvangstuip wordt de stuurkop met theodoliet verwijderd en wordt de in te trekken buis, meestal PE, aan de pilotstang bevestigd. Vervolgens wordt de pilotstang met de buis terug getrokken naar de perskuip.

### 5.1 Buis aanbrengen als casing met de pilotstang of avegaar

Met de pilotbuis of met de stalen avegaarbuis kan ook direct een buis worden mee gedrukt. Voordeel hiervan dat de buis in één boorgang met de pilotbuis kan worden aangebracht. Tevens is de mee gedrukte buis vrij van grond en hoeft niet te worden schoongemaakt.

Ook hier is het principe grotendeels hetzelfde als bij de gestuurde avegaar. Men boort de pilotbuis met de te boren buis als casing naar de ontvangstuip. In ontvangstuip haalt men de stuur- of snijkop eraf en men trekt de pilotstang door de aangebrachte buis terug tot in de perskuip.

Er zijn systemen waar men een pilotboring met casing kan maken zonder het gebruik van een ontvangstuip. Bij deze systemen blijft de casingbuis en stuurkop achter en kunnen eventueel op een later (gunstiger) tijdstip worden verwijderd.



Figuur 14: Boring met casing en verwijderbare boorkop

## 7. Noodzakelijke perskracht

### 7.1 Algemeen

De wrijving tussen boorbuis en grond wordt geleverd door schuifspanningen langs de omtrek van de buis. Deze schuifspanningen komen tot ontwikkeling bij een relatieve beweging van de buis ten opzichte van de grond. De grootte van de wrijving is afhankelijk van de grootte van de verplaatsing, de grondsoorten en, vooral bij zand, van de dichtheid. Bij klei speelt het vochtgehalte en ook de verplaatsingssnelheid een grote rol.

Door het nemen van grondmonsters van het door te persen traject kunnen de eigenschappen van de grond worden bepaald. Afhankelijk van de boorkopconstructie (kopdruk) en de diameter van de aan te brengen beschermhuis kan de theoretisch benodigde perskracht per meter worden bepaald. Met dit gegeven kan de theoretisch maximaal haalbare te persen lengte worden berekend.

In tabel 1 staat per grondsoort de specifieke mantelwrijvingswaarden vermeld.

| Type grond   | Specifieke mantelwrijving                            |
|--------------|------------------------------------------------------|
| Modder, slik | 0 - 2 kN/m <sup>2</sup> (0 - 0,2 tf/m <sup>2</sup> ) |
| Lichte klei  | tot 10 kN/m <sup>2</sup> (tot 1 tf/m <sup>2</sup> )  |
| Los zand     | tot 20 kN/m <sup>2</sup> (tot 2 tf/m <sup>2</sup> )  |
| Dicht zand   | tot 30 kN/m <sup>2</sup> (tot 3 tf/m <sup>2</sup> )  |
| Zware klei   | > 30 kN/m <sup>2</sup> (> 3 tf/m <sup>2</sup> )      |
|              |                                                      |

Tabel 1: Mantelwrijvingswaarden per grondsoort

### 7.2 Berekenen theoretische perskracht

Met de gegevens van de grond, diameter boorbuis en de boorlengte kan de benodigde perskracht voor het aanbrengen van de beschermhuis worden bepaald. Dit kan middels de volgende formule.

$$\text{Perskracht per meter} = \pi \times \text{buitendiameter} \times \text{mantelwrijving} \times \text{perslengte}.$$

#### Ter illustratie:

Bij een boortracé van een lengte van 50 m en een diameter van 110 mm door zware klei (bijv. rivierklei), is de benodigde perskracht dus groter dan 518 kN (> 518 tf).

Deze formule geeft een *indicatie* van de perskracht welke noodzakelijk is. Bij het in detail berekenen van de perskracht dienen ook nog andere factoren te worden meegenomen, zoals de eigenschappen van de boorbuis, de boorsnelheid, de oversnijding en het al dan niet toepassen van bentoniet.

## 8. Buismateriaal

Een cruciale factor bij het doorpersen van een buis is de maximaal toelaatbare perskracht. Indien deze bij de doorpersing wordt overschreden kan de buis scheuren of barsten gaan vertonen. De maximaal toelaatbare perskracht wordt door eigenschappen van de buis bepaald, in hoofdzaak door het materiaaltype. De buisleverancier beschikt over deze informatie.

De benodigde perskracht wordt mede beïnvloed door de buisdiameter, de doorperssnelheid, de lengte van de doorpersing en de kleefkracht van de grond (zie par 7.2).

De werkelijke perskracht dient te blijven tussen de maximaal toelaatbare perskracht van de buis en de benodigde perskracht o.b.v. diameter, lengte doorpersing en de mantelwrijving (zie par 7.2). Bij het bepalen van de perstechniek en doorperssnelheid moet hier rekening mee worden gehouden.

Obstakels zoals hout, steen en harde grondlagen in het te doorpersen traject kunnen leiden tot een overschrijding van de maximaal toelaatbare perskracht. Hierdoor kan de boorbuis ernstig beschadigd worden en kan de boring mislukken. Om risico's te vermijden is het dus raadzaam om vooraf in kaart te brengen wat men aan obstakels kan verwachten.

De dimensionering van de te persen buis moet ook zodanig zijn dat deze is berekend op de gronddekking en de eventuele verkeersbelasting, naast de te verwachten doorperskrachten en eerder genoemde onvoorziene omstandigheden.

De volgende boorbuizen worden bij openfront boringen gebruikt.

| Materiaal              | Diameter range (cm) | verbinding       |
|------------------------|---------------------|------------------|
| Beton gewapend         | 800-3000            | Mof spie         |
| Beton plaatstalen kern | 800-2000            | Mof spie/gelast  |
| Polymeer beton         | 200-800             | Mof spie         |
| GVK                    | 200-3500            | Mof spie         |
| GVK gewikkeld          | 110-600             | Mof spie/gelijmd |
| PE alleen terugtrekken | 400                 | -                |
| PP                     | 200                 | Mof-spie         |
| Staal                  | 110-2000            | gelast           |
|                        |                     |                  |

Tabel 2: Type boorbuizen

In de module *Aanleg Sleufloze technieken algemeen* wordt dieper ingegaan op materiaalsoorten en verbindingen in relatie tot sleufloze technieken.