



Handboek Sleufloze Technieken NSTT
MODULE OPEN FRONT BOORTECHNIEKEN

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 1.0 van de Module Open front boortechnieken is, na een openbare consultatie, op 30 november 2023 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 2023 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) ontlelen.

Bronnen beeldmateriaal

NSTT, WaveRail BV, Kouwenberg Infra BV, ISTT

Bestelwijze

Dit document is alleen in digitale vorm te verkrijgen. U kan deze downloaden via www.nstt.nl.

Actuele versie

Op 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.

Aan deze versie werkten mee

WaveRail BV (penvoerder), Kouwenberg Infra BV, NSTT

Woord vooraf

Deze module ‘Open front 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 procesmatige modules beschrijven de kaders waaronder sleufloze technieken kunnen worden toegepast.

De volgende modules zijn of worden op korte termijn uitgebracht:

- Leidingrenovatietechnieken
- Gesloten front boringen
- Gestuurd boren

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 bewaakt als redactieraad de integrale samenhang tussen de modules.

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.

Organisaties kunnen op basis van een jaarlijkse bijdrage hun naam en logo in een aparte bijlage laten opnemen om zo bij te dragen aan de actualisatie van de betreffende module. Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat deze organisaties geen directe invloed hebben op de inhoud van de module zelf.

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. Binnen de ISTT worden regelmatig openbaar toegankelijke webinars gehouden over met name technische onderzoeken en innovaties. Zij levert daarmee een belangrijke manier aan de internationale uitwisseling van kennis en ervaringen.

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.....	6
2. Open front boortechniek.....	7
2.1 Basisprincipe.....	7
2.2 Toepassingen.....	8
2.3 Vooronderzoek en keuze techniek.....	8
3. Grondsoorten	9
3.1 Natuurlijk talud.....	9
3.2 Veenpakket.....	10
3.3 Opgesloten water	10
4. Grondwaterrisico's	11
4.1 Bemaling.....	11
4.2 Kleppenkast en waterslot.....	11
5. Grondverwijdering achter het boorfront	13
5.1 Handmatig of mechanisch ontgraven	13
5.2 Avegaar.....	14
5.2.1 Basis van de techniek	14
5.2.2 Boorproces	14
5.3 Gestuurde avegaar	16
5.3.1 Basis van de techniek	16
5.3.2 Boorproces	16
6. Aanbrengen leiding na doorpersing	18
6.1 Buis aanbrengen middels pilotstang	18
6.2 Buis aanbrengen als casing met de pilotstang of avegaar	18
7. Noodzakelijke perskracht	19
7.1 Algemeen.....	19
7.2 Berekenen theoretische perskracht.....	19
8. Buismateriaal.....	20

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 grote nutsinfrastructuren: 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 netwerken gebeurde traditioneel door graven in de ondergrond en afzinken bij het kruisen van een waterweg.

Halverwege de 20^{ste} eeuw nam de drukte van kabels en leidingen in de ondergrond 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 open front boringen en raketboringen. De eerste boringen zijn in opdracht van 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.

Vanaf het jaar 2000 zijn op grote schaal telecommunicatienetwerken (glasvezel) aangelegd voor zowel de traditionele aanbieders als voor kleinere private initiatieven. Deze aanleg zorgde in de beginjaren voor een piek in het gebruik van met name horizontaal gestuurde boringen en raketboringen. In de jaren daarna zijn deze netwerken verder uitgebreid en vernieuwd. Hierbij werden nieuwe telecomkabels aangelegd maar bleven de oude kabels vaak liggen, iets wat voor verdere schaarste in de ondergrond zorgde.

De omvangrijke traditionele nuts-infrastructuren, samen met de jongere private initiatieven, zorgen voor een groot ruimtebeslag op 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 het jaar 2008 de wet WION (Wet informatie ondergrondse netten) ingevoerd. In het jaar 2018 is deze wet vervangen door de wet WIBON (Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken).

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 kabels en leidingen.

De komende jaren zullen er veel nieuwe kabels en leidingen worden aangelegd en bestaande netten worden vernieuwd of verzaagd. Dit wordt veroorzaakt door de energietransitie, verglazing 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.

Om daarbij noemenswaardige verstoringen van de bovengrondse activiteiten te vermijden, is de inzet van sleufloze technieken voor de leidingen-infrastructuur de oplossing van de toekomst.

1.2 Voorlopers van de open front 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^e en 20^e 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. Al 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^e eeuw hebben de technieken zich steeds verder ontwikkeld, zowel qua vorm als perfectie.

Een van de eerste sleufloze technieken die werd toegepast is de open front boortechniek (OFT).

Met gebruik van deze techniek werden in de 18^e eeuw al tunnels gemaakt. Dit gebeurde middels door met een boorkop grond los te snijden en deze vervolgens direct achter de boorkop handmatig weg te graven en af te voeren. Hoewel vandaag de dag 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 open front boortechniek van 300 jaar geleden in de basis nog steeds hetzelfde en levert deze een bijzonder belangrijke bijdrage aan de ondergrondse infrastructuur.

2. Open front boortechniek

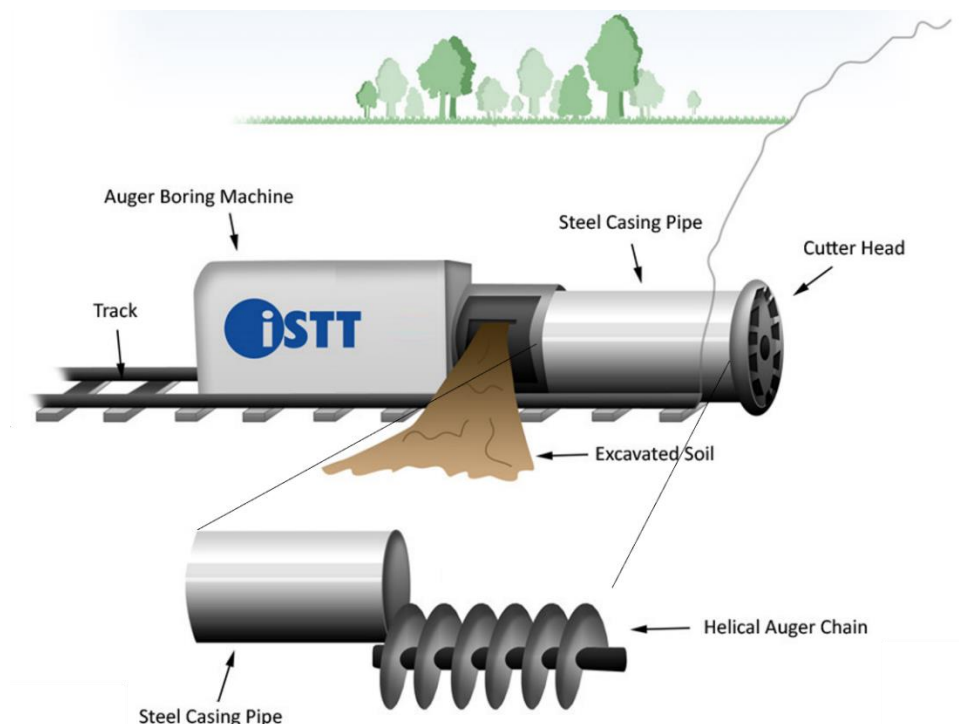
2.1 Basisprincipe

De open front boortechniek (OFT) is een buisdoorpersingsmethode, waarbij een buis met een open voorkant 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 de open buis afgevoerd¹.

In de startput, die ook wel persput wordt genoemd, wordt een persinstallatie opgesteld. Deze installatie drukt met één of meer hydraulische vijzels een buiselement de grond in. De snijrand op de boorbuis snijdt de grond los, zodat de boorbuis makkelijker weggedrukt kan worden. De losgesneden grond wordt via de boorbuis afgevoerd naar de persput. Aldaar wordt de grond verder verwijderd.

Wanneer het eerste buiselement door de installatie volledig is weggeperst (de grond ingedrukt), worden de vijzels teruggetrokken. Tussen de teruggetrokken vijzels en het reeds weggedrukte buiselement wordt een nieuw element geplaatst en vervolgens op haar beurt ook weggeperst. Door dit proces te herhalen kunnen meerdere buizen achter elkaar weggeperst worden. Dit proces gaat door totdat het eerste buiselement de ontvangstput of ontvangstput bereikt. Zo ontstaat tussen de persput en de ontvangstput een aaneenschakeling van buizen. Deze kunnen vervolgens als mantelbuis voor een nieuwe (nuts)voorziening dienen of kunnen zelf als mediumvoerende buis ingezet worden.

In figuur 1 is het principe schematisch weergegeven.



Figuur 1: Het principe van een open front boortechniek, waarbij de grond door de snijrand (cutter head) op de boorbuis (steel casing pipe) wordt weggegraven en via de avegaar (helical auger chain) in de boorbuis 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.

¹ De afvoer van grond via de boorbuis wordt in hoofdstuk 5 toegelicht.

Het verlagen van het grondwater of het nemen van maatregelen tegen de instroming van grondwater is noodzakelijk vanwege de open verbinding die bestaat tussen de ongeroerde grond en het grondwater aan de voorzijde en de persput. De combinatie van water en zand kan zonder maatregelen als 'loopzand'² ongecontroleerd via de boorbuis en avegaar naar de persput stromen en vormt daar een risico voor mens en machine.

2.2 Toepassingen

De open front techniek is een veel toegepaste techniek. Er zijn geen daarbij standaard lengtes en diameters bepaald. Dit verschilt per situatie, maar over het algemeen 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 gebruikt worden.

Open front 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 mediumvoerende buis zoals waterleiding of riolering aan te leggen.

2.3 Vooronderzoek en keuze techniek

De open front boortechniek is in principe geschikt voor heel Nederland. Wel verschilt de geschiktheid van de diverse open front boortechnieken per situatie. Hiertoe dient eerst vooronderzoek gedaan te worden om tot een juiste keuze voor techniek te komen. Hierbij zijn zowel de grondsoort (zie hoofdstuk 3) en grondwater (zie hoofdstuk 4) van belang.

In het vooronderzoek wordt daarom op basis van grondonderzoek (bijvoorbeeld via sonderingen/boringen) een bodemprofiel geschetst. Tevens worden grondwaterstanden in kaart gebracht. Op basis van het grondonderzoek kunnen de geschikte technieken worden bepaald en kunnen mogelijke maatregelen ten aanzien van het grondwater worden bepaald.

Ten aanzien van de keuze van techniek gelden uiteraard ook de parameters rond diameter van het buiselement en de lengte van de boring. De perskrachten die nodig zijn om de buiselementen door de grond te persen worden zijn afhankelijk van de wrijving tussen het buiselement en de grond. Hoe langer de boring (en dus hoe meer buiselementen) is en hoe groter de diameter van de leiding hoe groter de benodigde perskrachten.

Om de benodigde perskrachten te verkrijgen, zet de persinstallatie zich 'schrap' de achterkant van de persput. Om deze achterkant stabiel te houden, wordt een aparte constructie gebouwd (drukscherm of dodemansbed), bijvoorbeeld met behulp van een aantal damwanden. Via dit drukscherm of dodemansbed worden de krachten overgebracht op de (stabiele) bodem. De constructie van een persput luistert daarom nauw.

Met OFT zijn in principe alleen rechte tracés mogelijk. In combinatie met de HDD techniek zijn wel tracés met een zekere boogstraal (bochten) mogelijk.

De volgende open front boortechnieken worden in deze module behandeld:

- Handmatige of mechanische ontgraving (par 5.1)
- Avegaarboring (par 5.2)
- Gestuurde avegaarboring (par 5.3)

² Loopzand: met water verzadigd zand dat een brij-achtig, instabiel mengsel vormt, vergelijkbaar met drijfzand.

3. Grondsoorten

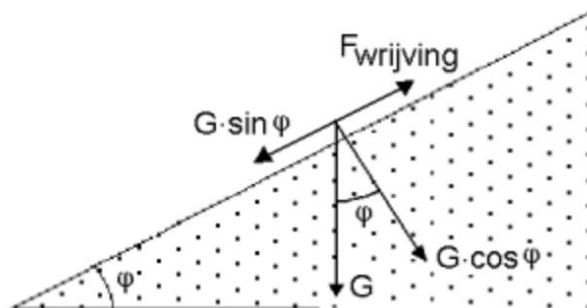
De OFT is in principe geschikt voor alle grondsoorten die in Nederland voorkomen. Wel is het type grond waarin geboord wordt van grote invloed op het boorproces. Het beïnvloedt onder andere de perskrachten die benodigd zijn om de gewenste lengte te behalen en de afvoer en bestemming van de vrijgekomen 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 naar beneden glijden als de wrijvingskracht (F_{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.



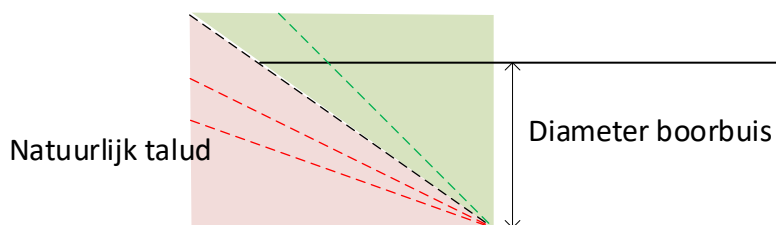
Figuur 2: Bepaling van de helling van het natuurlijk talud

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

De hellingshoek per grondsoort staat hieronder globaal weergegeven:

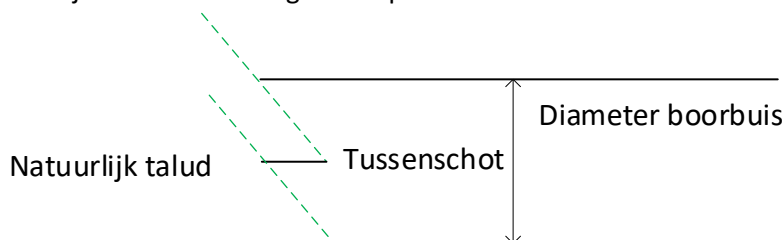
- Nat zand: 22-30 graden
- Vochtig zand: 25-40 graden
- Slappe klei: 15-20 graden
- Vochtige en magere klei: 60 graden
- Natte, slappe leemgrond: 0-13 graden

Bij een open front boring is het belangrijk dat het natuurlijk talud van de te ontgraven grond niet in het rode gebied komt zoals op figuur 3 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 3: Risico op instromen grond bij te klein natuurlijk talud. Een type grond met een natuurlijk talud in het groene gebied zal niet afschuiven in tot in de boorbuis. Een type grond in het rode gebied doet dat wel.

In figuur 3 is te zien dat het risico op instromen toeneemt met de diameter van de boorbuis: hoe groter de diameter, des te hoger het risico. Indien de diameter van de boorbuis zodanig groot is dat er risico ontstaat op instromen van grond, dan kan men maatregelen nemen om dit risico te beheersen. Bij grotere diameters kan men een of meerdere tussenschotten plaatsen figuur 4. Bij kleinere diameters kan men bijvoorbeeld de avegaar aanpassen.



Figuur 4: Tussenschot om de talud lijn in stukken te verdelen en zo instroming van grond bij grotere diameters te voorkomen.

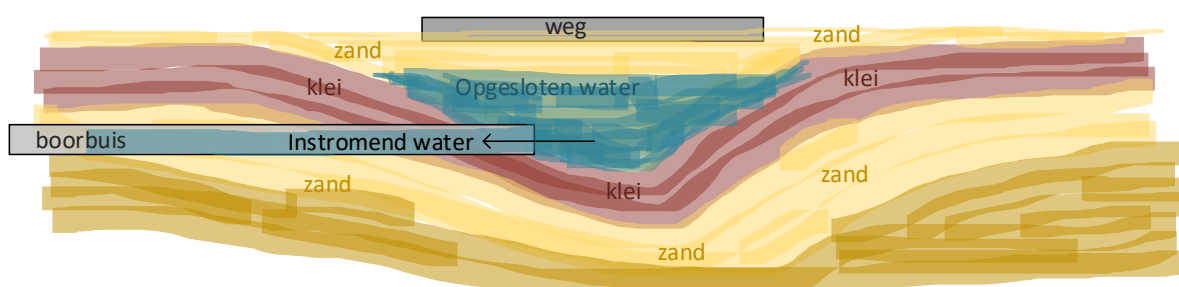
3.2 Veenpakket

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 open front de boorbuis, en daarmee de persput, 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 open front de boorbuis, en daarmee de persput, instromen (zie figuur 5). Dit leidt tot risico voor de omgeving (bijvoorbeeld een spoor- of dijklichaam), mens en machine.



Figuur 5 opgesloten water

4. Grondwaterrisico's

In principe vinden open front 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 Bemaling

Indien het grondwaterniveau door middel van bijvoorbeeld bemaling verlaagd wordt, kan een open front 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 persen 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.

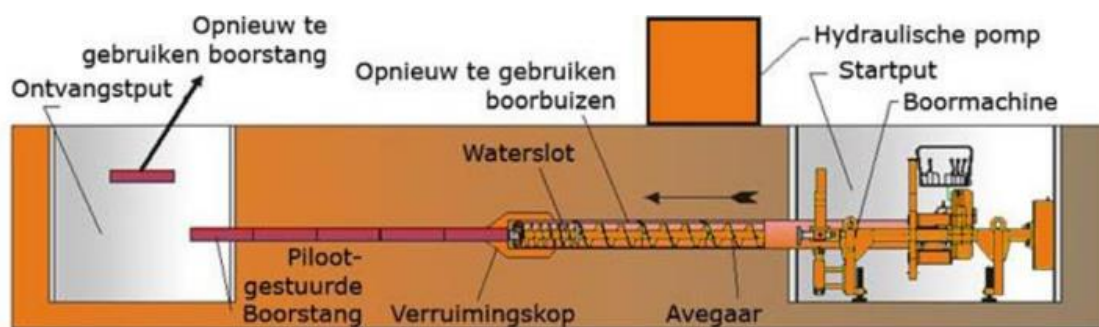
Indien men een open front boring met bemaling uitvoert, wordt geadviseerd om de bemaling met alarm-, calamiteiten- en back-upsysteem uit te voeren om risico's door uitvallen van de bemaling te minimaliseren.

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 open front boring met kleppenkast (zie paragraaf 4.2).

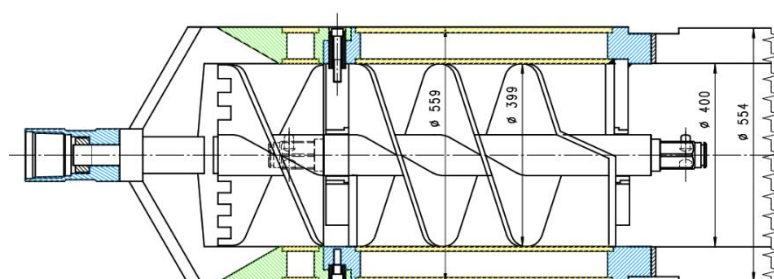
4.2 Kleppenkast en waterslot

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 persput, 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 open front 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). Opgemerkt wordt dat dit niet voor elk grondtype een volledig waterdichte oplossing is.



Figuur 6 gestuurde avegaar met waterslot



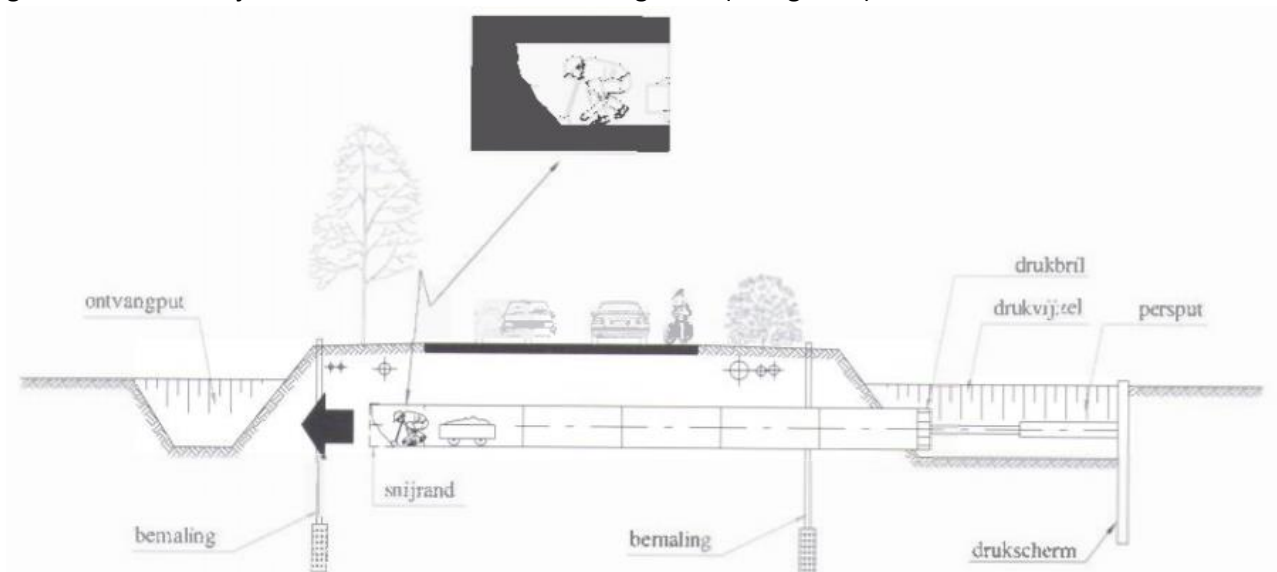
Figuur 7 waterslot

5. Grondverwijdering achter het boorfront

Bij de open front techniek wordt een buissegment de grond ingedrukt. Dit kan alleen omdat aan de voorkant van het buissegment een snijrand zit. Deze maakt de grond los. Deze losse grond moet worden afgevoerd. Bij de open front techniek kan dit via de binnenkant van het buissegment. De grond wordt dan door de het buissegment heen naar de persput getransporteerd. Dit kan, afhankelijk van de diameter en grondslag, op verschillende manieren.

5.1 Handmatig of mechanisch ontgraven

Een manier om losse grond vóór in de buis te verwijderen, is door deze grond handmatig of mechanisch te verwijderen. Dit kan alleen bij buissegmenten met menstoegankelijke diameters ($>1000\text{mm}$)³. De grond achter de snijrand wordt met dan de hand ontgraven (zie figuur 8).



Figuur 8: Handmatig verwijderen van grond van het boorfront.

Als er met nog grotere diameters wordt geboord, kan de grond achter de snijrand mechanisch ontgraven worden met een lichte graafmachines (zie figuur 9) of andere apparatuur.

Bij zowel handmatig als mechanisch ontgraven gebeurt het afvoeren van de grond vervolgens met behulp van karretjes of een transportband. Daarmee wordt de afgegraven grond naar de persput getransporteerd.

Bij het systeem van menstoegankelijke boringen kunnen met stuurvijzels achter de snijrand beperkte stuurcorrecties worden uitgevoerd.

Een risico bij het handmatig of mechanisch ontgraven is het afkalven van de grond bij het boorfront. Om dit te voorkomen kan de snijrand worden voorzien van een vakverdeling (tussenschotten).

³ Het handmatig ontgraven komt in Nederland nauwelijks meer voor. De mechanische ontgraving wel.

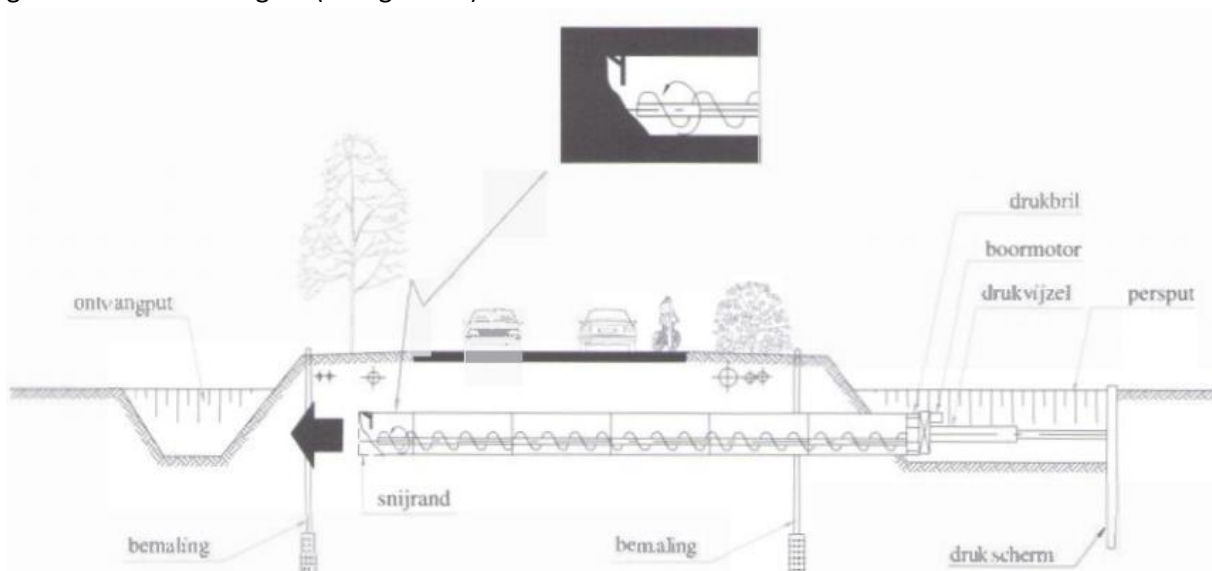


Figuur 2: Boorbuis met equipment om grond met karretjes af te voeren van het boorfront.

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 10).



Figuur 10: 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.

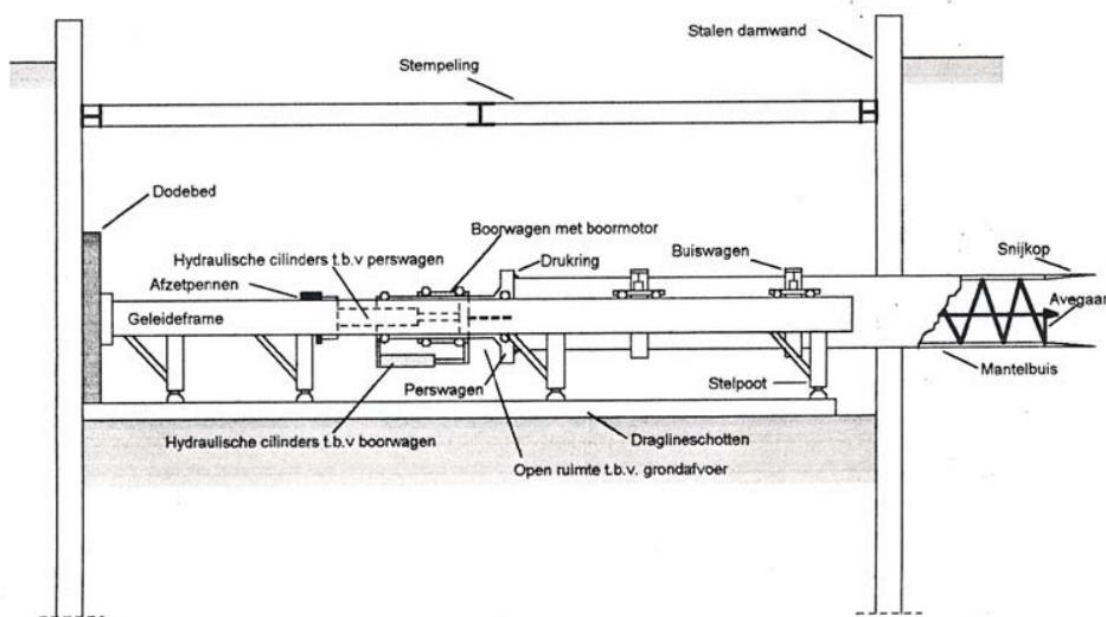
5.2.2 Boorproces

In de persput, 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 of GVK 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 31: 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.

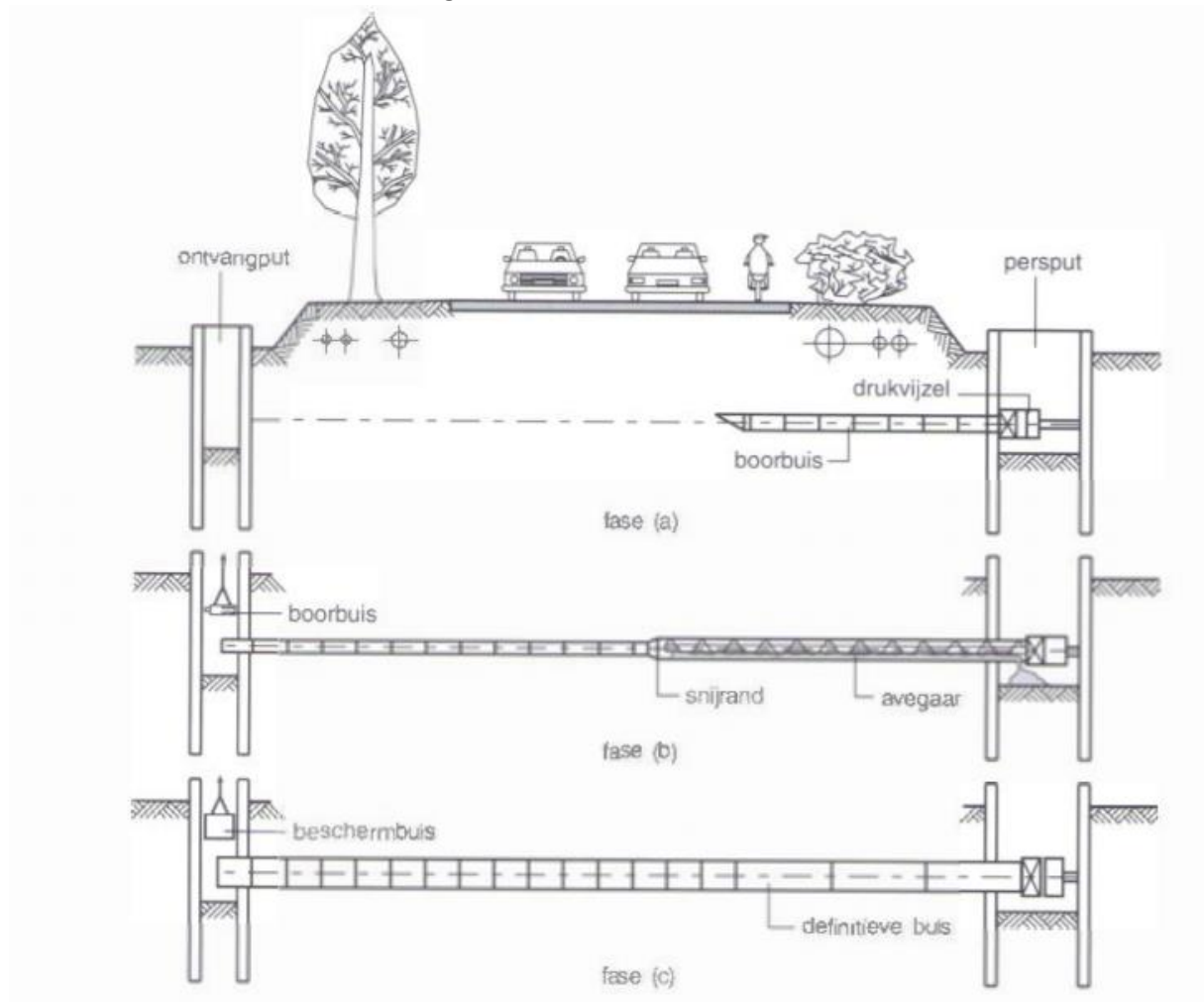
5.3 Gesteuurde avegaar

5.3.1 Basis van de techniek

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

5.3.2 Boorproces

Pers- en ontvangstputten 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. Door middel van een camera met monitor kan door de holle boorbuis de positie van de boorkop worden bepaald en eventueel worden gecorrigeerd. Door de afgeschuinde kop van de pilotbuis kan -door deze met de boormotor in de juiste hoek te plaatsen- de richting van de boring gecorrigeerd worden. Hierbij moet de pilotbuis in een rechte lijn worden geboord, omdat de camera anders niet door de holle buis kan registreren.



Figuur 42: Principe open front 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 persput achter de pilotbuis worden geperst. Het afvoeren van de grond gebeurt middels een avegaar. In de ontvangstput 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 opstuwing en zettingen van het maaiveld. Het is dan ook verstandig om altijd minimaal 1 m 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 pers- en ontvangstputten 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 m.

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 opstuwing, doordat er geen grondverwijdering plaatsvindt. Dit treedt voornamelijk op bij ondiepe ligging.

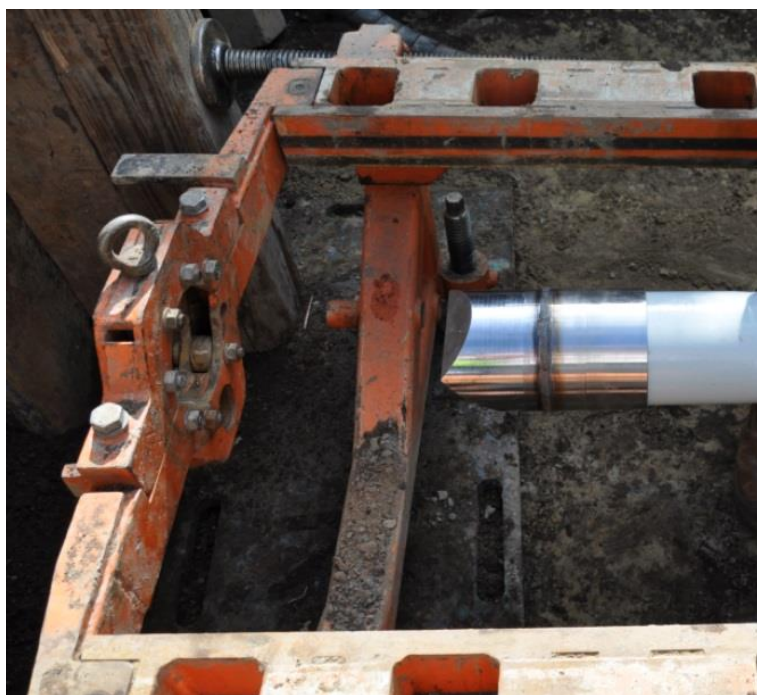
Het principe is hetzelfde als bij een gestuurde avegaar. Men boort de pilotstang naar de ontvangstput. In de ontvangstput wordt de stuurkop met theodoliet verwijderd en wordt de in te trekken buis, meestal PE, aan de pilotstang bevestigd. Vervolgens wordt de pilotstang met de buis terug getrokken naar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

6.2 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 ontvangstput. In ontvangstput haalt men de stuur- of snijkop eraf en men trekt de pilotstang door de aangebrachte buis terug tot in de persput.

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



Figuur 53: 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 mantelbuis 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.

Mantelwrijvingswaarden (indicatief) per grondsoort	
Type grond	Specifieke mantelwrijving (indicatief)
Modder, slik	0 - 2 kN/m ² (0 - 0,2 tf/m ²)
Lichte klei	tot 10 kN/m ² (tot 1 tf/m ²)
Los zand	tot 20 kN/m ² (tot 2 tf/m ²)
Dicht zand	tot 30 kN/m ² (tot 3 tf/m ²)
Zware klei	> 30 kN/m ² (> 3 tf/m ²)
Veengrond	tot 15 kN (tot 15 tf/m ²)

Tabel 1: Mantelwrijvingswaarden (indicatief) 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 beschermbuis worden bepaald. Dit kan middels de volgende formule.

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

als voorbeeld:

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 ten opzichte van de grondverdringing, de lengte van de doorpersing en de kleefkracht van de grond (zie par 7.2).

Bij de werkelijke perskracht moet gestreefd worden om deze te houden tussen de maximaal toelaatbare perskracht van de buis en de (theoretisch berekende) benodigde perskracht o.b.v. diameter, lengte doorpersing en de mantelwrijving (zie par 7.2). Bij het bepalen van de perstechniek en doorperssnelheid speelt deze perskracht een belangrijke rol.

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 open front boringen gebruikt.

Type boorbuizen bij open front boringen		
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 (nog te publiceren)* wordt dieper ingegaan op materiaalsoorten en verbindingen in relatie tot sleufloze technieken.