



Overzicht van sleufloze technieken voor gemeentelijke riolerings- infrastructuur

VLARIO vzw
De Schom 124 – 3600 Genk
Tel: 03/827 51 30 – Fax: 03/289 01 40
www.vlario.be – info@vlario.be

VOORWOORD

Sleufloze technieken bestaan reeds tientallen jaren en worden veelvuldig en met succes toegepast bij de aanleg van rioleringen en collectoren. In verschillende Vlaamse steden werden reeds kilometerlange leidingtrajecten aangelegd door middel van doorpersingen.

Voor gemeentelijke infrastructuurwerken werd echter tot op heden slechts in uitzonderlijke omstandigheden, zoals bij kruisingen van spoorwegen, waterlopen of grote wegen, van deze technieken gebruik gemaakt.

Nochtans wordt in het buitenland eveneens in het gemeentelijk rioleringsnet reeds meer dan 50 % van de riolen d.m.v. microtunnelling aangelegd. In Vlaanderen is deze achterstand deels te wijten aan een gebrekkige kennis van de mogelijkheden van deze technieken. Gebrek aan kennis leidt vaak tot foutieve of verwarrende beschrijvingen in lastenboeken.

Huidig document werd opgesteld door VLARIO - Werkgroep 8. Men speelt hiermee in op een behoefte van de Vlaamse rioleringssector om over een synthesesdocument te beschikken. Mogelijkheden en beperkingen van de verschillende technieken worden erin op een overzichtelijke manier beschreven. Het document is vooral gericht op doorpersingen van gravitaire leidingen voor de kleinere rioleringsinfrastructuur.

In hoofdstuk I worden de microtunnelling-technieken en de pilootstang-doorpersingen beschreven.

Voor gravitaire leidingen zijn dit de aangewezen technieken daar voor deze leidingen kleine toleranties gelden met betrekking tot de te respecteren helling (zie tabel 2 : precisie in hoogte en richting).

In een eerste tabel in dit hoofdstuk I wordt vertrokken van de meest elementaire ontwerpcriteria van een rioleringsproject en wordt de best beschikbare boortechniek ervoor aangegeven. In de tweede tabel worden voor elke techniek de kenmerken beknopt samengevat. In de derde tabel wordt uitgegaan van de verschillende types buismaterialen die voor deze boortechnieken in aanmerking komen, met name hun beschikbaarheid voor wat betreft de diameter, de buislengte en de toelaatbare doorperskrachten. Bovendien worden antwoorden gegeven op specifieke vragen die bij de boortechnieken opduiken en wordt weergegeven bij welke techniek welke buizen kunnen worden ingezet. Tenslotte wordt, aansluitend op tabel 2, elke techniek meer uitgebreid beschreven.

In hoofdstuk II wordt de directional drilling-methode beschreven. Het toepassingsgebied ligt voor deze techniek in de aanleg van leidingen waarvan de te respecteren helling van ondergeschikt belang is. Dit is met name bij persleidingen het geval.

Werkgroep 8 is overtuigd hiermee bij te dragen tot meer inzicht in de microtunnelling-technieken, tot meer correcte beschrijvingen van opdrachten, tot minder hinder bij de uitvoering van rioleringswerken, tot minder tijdverlies voor weggebruikers om en nabij de werkzaamheden, tot minder kosten en inkomstenverlies voor automobilisten en handelaars in de nabijheid van de

werkzaamheden en, tenslotte, tot minder milieuschade, voertuigschade, wegschade en ongevallen omdat wegomleidingen in ruimte en tijd beperkt kunnen worden.

Microtunnelling ontziet groeninfrastructuur, bestaande leidingen, kabels en grondwater. Het leidt bovendien tot comfortabeler en veiliger werken voor de aannemer, tot geringere zettingen aan de bestaande infrastructuur en tot minder grondverzet met de eventueel eraan verbonden milieu-implicaties van afvoer van gronden. Tenslotte biedt de geïnstalleerde leiding, daar ze berekend is op het opvangen van extra belastingen (oa. doorperskrachten) en met hoge precisie geplaatst kan worden, garanties voor een langere levensduur.

De uitbreiding van de bestaande microtunnelling-technieken naar de kleinere diameters, samen met de introductie van de pilootstang-doorpersingen heeft ondertussen de meer archaische, niet-stuurbare methodes (bvb. raketboringen) volledig verdrongen en biedt een uitgebreid gamma aan toepassingsmogelijkheden op gemeentelijk vlak. Beide methoden beschikken nl. over een voldoende accuraatheid van uitvoering om succesvol te kunnen worden toegepast in sterk bebouwde omgeving.

Dit document werd opgesteld door Werkgroep 8 van VLARIO
Datum publicatie: 4 mei 2016

Medewerkers van Werkgroep 8 van VLARIO

Vanhout Bart	Voorzitter Werkgroep 8 van VLARIO/Smet-Tunnelling
Adriaensens Thierry	Aquafin
Aengeveld Pascal	Steinzeug-Keramo
Derycke Dirk	Denys
Geuens Caroline	Groep Infrabo
Fack Dimitri	Dekabo
Eenens Marc	Kurio
Haesevoets Jan	Hako Boringen
Martens William	Farys
Meeuwissen George	Steinzeug-Keramo
Moons Marino	Infrax
Nyssen Johan	Infrax
Schuermans Marc	K-Boringen
Stove Dirk	VLARIO
Van Cauter Romain	Tubobel
Vanroye Jerome	Bouwunie
Francken Wendy	VLARIO

INHOUDSTABEL:

Hoofdstuk I: Doorperstechnieken

Tabel 1: Keuzematrix uitgaande van ontwerpcriteria	5
Tabel 2 : Matrix van de toepasbare ondergrondse doorperstechnieken	6
Tabel 3: Overzicht buismateriaal voor doorpersbuizen	10
Techniekbeschrijvingen voor gravitaire leidingen.....	12
A. Pilootstangdoorpersing	12
B. /	
C. Microtunnelling met droog grondtransport d.m.v. avegaar in stalen casing- buis	15
D. Microtunneling met hydraulisch grondtransport.....	24
E. Open front-doorpersing	29

Hoofdstuk II: horizontal directional drilling

Techniekbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring	34
--	----

Hoofdstuk I: Doorperstechnieken

Tabel 1 : Keuzematrix uitgaande van ontwerpcriteria

Tabel 1 geeft aan, vertrekkend van parameters die bij het begin van de ontwerpfase meestal beschikbaar zijn, welke doorperstechnieken voor gravitaire riolen mogelijk zijn met indicatie van uitvoeringsparameters.

Diameter (Di) inwendig, mm	150-250	300-400		500-1000		900-1600 (3500)	900-1600 (3500)
Maximum boorlengte in m ⁽¹⁾	150: 30 m 200 - 250: 60 m	100 m	400: 100 m	120 m	500: 120 m 600-700 :140 m 800: 160m	900-1200: 180 m 1400: 600 m 1600:800 m	1000: 200 m 1200: 500 m 1400: 600 m 1600: 800 m
Minimale gronddekking	1,5 x buiten- diameter en min.1.0 m	min. 1,0 m	1,5 m of meer ⁽²⁾	1.5 x buiten- diameter en min. 1,8 m of meer	1,5x buiten- diameter en minimum 1,8 m ⁽²⁾	1,5 x buitendiameter en minimum 1,8 m (2)	1,5 x buitendiameter en minimum 1,8 m ⁽²⁾
Techniek ⁽³⁾	A	A	D	C	D	E	D

(1) Courant mogelijke doorperslengtes in meter. Deze zijn verder afhankelijk van bodem, buistype, machineuitrusting, ervaring.

(2) of meer bij bodems met grote doorlatendheid

(3) Technieken - zie tabel 2

Tabel 2 : MATRIX VAN DE TOEPASBARE ONDERGRONDSE DOORPERSTECHNIEKEN (vervolg 1)

	A	C	D	E
	Pilootstangdoorpersing	Microtunnelling met droog grondtransport d.m.v. avegaar in stalen casing-buis	Microtunnelling met hydraulisch grondtransport	Open front-doorpersing
Diameterbereik (binnendiameter in mm)	150<=Di<=800	500<=Di<=800	400<Di<=1600 (3500)	900<Di<=1600 (3500)
Max. diepte onder het grondwater-peil	tot 2,5 m, mits specifieke uitrusting (zie beschrijving techniek) Geen grondwater toegelaten of bemaling noodzakelijk	Geen grondwater toegelaten of bemaling noodzakelijk	Geen beperking	Geen grondwater toegelaten of bemaling noodzakelijk
Minimale gronddekking	≥1,5 x Du en min. 1.0 m	≥1,5x Du en min. 1,8 m	≥ 1,5 x Du en min. 1,5 m	≥1,5x Du en min. 1,8 m
Maximale gronddekking	Geen beperking	Geen beperking	Geen beperking	Geen beperking
Minimale economische perslengte	2 m	10 m	10 m	10 m
Mogelijke perslengte	DN 150: 30 m DN200-250: 60 m DN 300-800 : 50-70 m	Afhankelijk van buisdiameter en bodem: DN 500: 120 m DN 600-700: 120 m DN 800: 120 m DN 900 : 120 m DN 1000: 120 m DN 1200: 120 m	Afhankelijk van buisdiameter, bodem, materiaal en machine: DN 400 : 100 m DN 500 - 700: 120 m DN 800: 160 m DN 900 : 180 m DN 1000: 200 m DN 1200: 500 m DN 1400: 600 m DN 1600: 800 m	Afhankelijk van buisdiameter, bodem, materiaal en machine: DN 1200:180m DN 1400 : 600 m DN 1600: 800 m

Tabel 2 : MATRIX VAN DE TOEPASBARE ONDERGRONDSE DOORPERSTECHNIEKEN (vervolg 2)

Minimale inwendige afmetingen startput (voor enkelvoudige startput)	a)Ronde uitvoering :	Ronde uitvoering: Ø 3.2 m voor DN 500 tot 800, buislengte 2m	a)Ronde uitvoering :Ø 3,2 m voor DN 400-800 buislengte 2 m	9,0 x 4,0 m
	Ø 2 m tot 2.50 m : buislengte 1m Ø 3,2 m : buislengte 2 m b)Rechthoekige uitvoering : 2,0 x 2,0 m voor buislengte 1 m lengte 3,2 voor buislengte 2 m	b) Rechthoekige uitvoering: 6,5x4,0 m voor DN 500-600 en 8,5 x 4,0 m voor DN 700-1000	Ø 5,5 m voor DN≤1000 buislengte 3 m b) Rechthoekige uitvoering: 5,0x4,0 m voor DN 1000 ; 5,5 x 4,0 m voor DN 1200 ; 6,0 x 4,0 m voor DN 1400	
Minimale inwendige afmetingen ontvangstput	Afhankelijk van pilootstanglengte, buislengte en diameter: Min. 1,2 m voor DN >150 Soms 2,0 m naargelang de machine	DN 500 – 1000 : 3,5 x 3,5 m	Tot DN 800 : Ø 2.5 m Tot DN 1000 : Ø 3,5 m Tot DN 1400 : Ø 4,5 m	3,5 x 3,5 m
Min. grootte werfzone t.p.v. startput	3x10m	4 x 30 m, afhankelijk van installatie	4 x 30 m, afhankelijk van installatie	4 x 30 m, afhankelijk van installatie
Min. grootte werfzone t.p.v. ontvangstput	3x3m	4x8m	4 x 10 m	4x10 m
Tracé	Recht	Recht	Bocht mogelijk vanaf DN 1000 mm	Bocht mogelijk vanaf DN 1000 mm
Precisie : hoogte	+/- 20mm	+/- 10mm + 5 mm per 100 m boorlengte	+/- 10mm + 5 mm per 100 m boorlengte	+/- 10mm + 5 mm per 100 m boorlengte
Precisie : richting	+/- 25mm	+/- 15mm + 10 mm per 100 m boorlengte	+/- 15mm + 10 mm per 100 m boorlengte	+/- 15mm + 10 mm per 100 m boorlengte
Minimale bochtstraal bij buislengte 2m	n.v.t.	n.v.t.	R = 250 m, i.f.v. bodem en buismateriaal	R = 250 m, i.f.v. bodem en buismateriaal

Tabel 2 : MATRIX VAN DE TOEPASBARE ONDERGRONDSE DOORPERSTECHNIEKEN (vervolg 3)

Minimale bochtstraal bij buislengte 3m	n.v.t.	n.v.t.	R = 400 m, i.f.v. bodem en buismateriaal	R = 400 m, i.f.v. bodem en buismateriaal
Meetsysteem	Laser	laser	Laser(s) of elektronische theodolieten al dan niet automatisch gestuurd	Laser(s) of elektronische theodolieten al dan niet automatisch gestuurd
Zettingen maaiveld	Vrijwel 0, afhankelijk van grondsoort en diepte	Vrijwel 0, afhankelijk van grondsoort en diepte	Vrijwel 0, afhankelijk van grondsoort en diepte	Vrijwel 0, afhankelijk van grondsoort en diepte
Grondtype	Alle verdringbare bodems	Bodemtype in overeenstemming met type aandrijving van de snij schoen en boorkoptype	Alle mogelijke bodemtypes, Bodemtype in overeenstemming met type aandrijving van de snij schoen en boorkoptype	Alle mogelijke bodemtypes, Bodemtype in overeenstemming met type graafsysteem
Benodigd grondonderzoek	Zo uitgebreid mogelijk Sonderingen Verkenning sboringen Korrelverdelings-diagramma Info over grondwaterpeil	Zo uitgebreid mogelijk Sonderingen Verkenning sboringen Korrelverdelings-diagramma Info over grondwaterpeil	Zo uitgebreid mogelijk Sonderingen Verkenning sboringen Korrelverdelings-diagramma Info over grondwaterpeil	Zo uitgebreid mogelijk Sonderingen Verkenning sboringen Korrelverdelings-diagramma Info over grondwaterpeil
Inschatting grootte stenen,... Bentonietsmering rond buis (wrijving reduceren)	Max 63 mm Kan in een enkel geval nodig zijn	150 mm Ja	1/3 van de DN Ja	Theoretisch onbeperkt Ja
Bentoniet voor frontondersteuning	Neen	Neen	Mogelijk	Neen
Tussendrukstation mogelijk?	Vanaf DN 1000 mogelijk	Vanaf DN 1000 mogelijk	Vanaf DN 1000 mogelijk	Vanaf DN 1000 mogelijk

Tabel 2 : MATRIX VAN DE TOEPASBARE ONDERGRONDSE DOORPERSTECHNIEKEN (vervolg 4)

Minimale verticale en horizontale tussenafstand kabels nutsmaatschappijen, waterleidingen, gas	Min 0,5 m (rekening houdend met bijkomende eisen nutsmaatschappijen)	Min 0,5 m (rekening houdend met bijkomende eisen nutsmaatschappijen)	Min 0,5 m (rekening houdend met bijkomende eisen nutsmaatschappijen)	Min 0,5 m (rekening houdend met bijkomende eisen nutsmaatschappijen)
Obstakels : Beton	Neen	Beperkt (ongewapend)	Beperkt (ongewapend)	Onbeperkt
Obstakels : Staal	Neen	Neen	Neen	Onbeperkt
Obstakels : Zandsteen	Neen	Beperkt	Ja, vanaf DN 600	Onbeperkt
Obstakels manueel verwijderbaar vanuit doorpersing	Neen	Neen	Ja, vanaf 1600 mits bijkomende maatregelen voor frontstabiliteit	
Protocollering van boorgegevens	Op aanvraag	Computer data logging	Computer data logging	Computer data logging

Tabel 3: Overzicht BUISMATERIAAL voor Doorpersbuizen (vervolg 1)

	GEWAPEND BETON	GRES	GVK
Norm	NBN EN 1916 + NBN B 21-106	NBN EN 295 deel 7	NBN T41-103 EN 14364
BENOR-keurmerk	Ja	Ja	Ja
Minimum sterktereeks	135	14/15/16 N/mm ² , druksterkte 100 N/mm ²	minimaal SN 32.000 N/m ² druksterkte 90 N/mm ²
Materiaaleigenschappen:			
- buis	CEM I - HSR(LA) (52,5R)	gres	Gecentrifugeerde glasvezelversterkte Polyester met vulstof
- mof	Roestvrij staal (kwal. 1.4301- NBN EN 10088)	in functie van DN < DN 150: kunststofmof vanaf DN 200 roestvrij staal EN 14571	riool en mantelbuis: Roestvast staal persleidingen: FWC koppeling (GVK)
- rubberring	Gegalvaniseerd Staal Compact Elastomeer	molybdeen gelegeerd NBN EN 681	>1500mm: GVK ring rubberprofiel in koppeling >1500mm: rubberring
Mof	Ingestort tijdens productie	Overschuifkoppeling vast op 1 van de 2 gefreesde spieeinden	Overschuifkoppeling los gemonteerd Afgedraaide spieeinden
Plaatsing dichtingsring	In groef op spie-eind Verlijmd op mof- eind	vast verbonden in de overschuifkoppeling tot DN 500 In groef > DN 500	verlijmd in RVS GVK gewikkeld om rubberprofiel >1500mm:ring in groef spieeind
Tussendrukstation	Ja, met tussendrukstationbuis	Ja, met tussendrukstationbuis	+ (speciale spie met extra rubberprofiel) (losse stalen manchets)
Doorpersingen in bocht	Ja, vanaf DN 1000	Ja, vanaf DN 1000	+ (straal afhankelijk van buislengte)
Injectiegaten	Ja	Ja	+ (prefab of in werk aangebracht)
Buislengte (afh. van diameter en leverancier)	200cm / 300cm	2 m (1 m) en korte aansluitstukken	1 m / 2m / 3m / 6m - uitwendige diameter vast voor elke wanddikte

Tabel 3: Overzicht BUISMATERIAAL voor Doorpersbuizen (vervolg 2)

	GEWAPEND BETON		GRES		GVK		
Diameters (in mm)	Di	Fmax	Di	Fmax	De	S	Fmax
Di: binnendiameters	400	1282	150	210	272	24	297
De buitendiameters	500	1320	200	350	324	28	452
Wanddikte S in mm	600	1620 - 3803	250	810	376	32	638
Max. Perskracht Fmax (in kN)	700	2215 - 2500	300	1000	401	39	868
	800	3760 - 4000	400	2200	427	39	938
	900	2500 - 2714	500	2700	530	51	1608
	1000	3900	600	3100	616	58	2188
	1200	7150 - 6338	700	3300	718	68	3012
	1400	6770	800	3700	752	72	3342
	1600	8830 - 5624	1000	5700	860	72	3905
	Tot 3500		1200	6400	960	80	4854
			Tot 1400		1026	68	4366
					1099	73	5079
	Fmax waarden afhankelijk			1280	73	5925	
				1434	76	7067	
				1499	79	7669	
	van betonkwaliteit, productiesysteem, wanddiktes		incl veiligheden van 2 vermeerderd met 1,6 bij automatische registratie = Fmax x veiligheidsfactor 3,2 Langsdrukweerstand: 100 N/mm²		1638	81	7734
					Tot 3600		afwijkende maten en wanddikten leverbaar perskrachten afhankelijk van wanddikte
Toepasbaar voor techniek	A-C-D-E		A-C-D-E		A-C-D-E		
zie Tabel 2: Matrix van de toepasbare ondergrondse doorperstechnieken							
Toelichting:							
* = toepasbaar onder voorwaarden							
o = niet toepasbaar							
De aangegeven diameters zijn voor gewapend beton en gres de binnendiameter (Di), voor GVK de buitendiameter (De)							

A: Pilootstangdoorpersing

1. Toepassingsgebied

Deze boormethode wordt gebruikt voor het doorpersen van buisdiameters Di 150 tot en met Di 1200 mm. Dit is ook een courante toepassing voor het boren van huisaansluitingen d.w.z. voor de diameters Di 150 tot 200. De methode is toepasbaar in verdringbare bodems, waarbij sporadisch in de bodem voorkomende stenen niet groter mogen zijn dan ca 70 mm. Deze stenen worden in de bodem verdrongen in de eerste fase en meestal in de tweede fase door de avegaar getransporteerd. De methode is dus niet toepasbaar in rots en slechts zeer beperkt toepasbaar in niet cohesieve of cohesieve gronden die sterk gecompacteerd zijn. Er kan beperkt geboord worden onder grondwaterdruk namelijk tot een grondwaterkolom van max. 3 m boven de BOK van de buis. Daartoe is specifieke bijkomende uitrusting vereist zoals een avegaarsluis of een ruimer met afdichtingskegel of men kan met luchtoverdruk werken. Afhankelijk van diameter en bodem kunnen lengtes geperst worden van 30 m (Di 150 tot 250) tot 80 m (grotere diameters) eventueel in bijzonder gunstige condities tot 120 m. Beperkingen liggen in de bodemcondities en daarbij vooral in de oplopende wrijving doch ook in de nauwkeurigheidslimieten van de controlemeting. De gronddekking dient minstens 1.0 m te bedragen of 1.5 maal à 2 maal de buitendiameter van de te boren buis.

2. Beschrijving van het systeem

De methode verloopt in drie fases. De eerste fase is een pilootboring waarbij een stang (diameter 82.5 tot 115 mm) grondverdringend door de grond wordt geduwd. Vooraan op de stang is een afgeschuinde stuurskop gemonteerd welke door verdraaiing en gelijktijdig duwen richtingsaanpassingen mogelijk maakt (fig.6.). De stang is hol. De stang kan dubbelwandig uitgevoerd zijn om de wrijving tijdens vooruitduwen en draaien te verminderen. Vanuit de startput wordt doorheen de holle stang een lichtbundel geprojecteerd naar de elektronische target of wordt via theodolietmeting met elektronische camera de afwijkingen t.o.v. de theoretisch te boren aslijn opgemeten. Op het eindpunt aangekomen worden de stangen ontkoppeld en gerecupereerd.

In de startput koppelt men achtereenvolgens in een tweede fase stalen buiselementen achter de laatste stang. Het eerste stalen element is gedeeltelijk open en neemt de grond op in het avegaarsysteem. De bodem wordt door de avegaar getransporteerd naar de startput waar het in een bak wordt opgevangen.

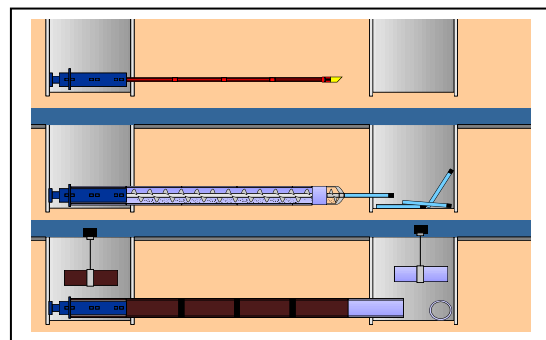


Fig.1. 3 fasen boring:
1. grondverdringend
2. ruimer met avegaar
3. napersen van productbuis

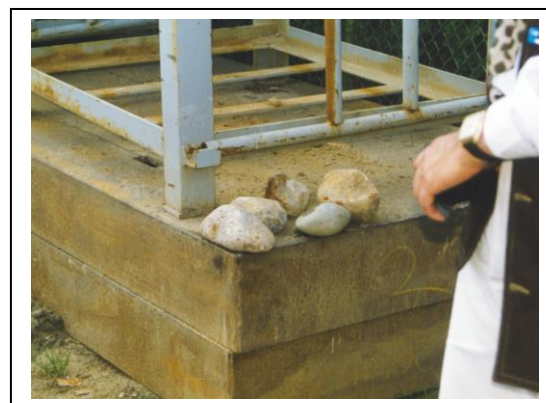


Fig.2. stenen door avegaar meegenomen naar eindput

In een derde fase worden de stalen buizen in de eindput gerecupereerd terwijl men gelijktijdig vanuit de startput de uiteindelijke productbuizen doorperst. In de derde fase kan voor groter diameters een bijkomende ruiming uitgevoerd worden waarbij de max. steengrootte ca 120 mm bedraagt. (fig.3)

2.1 Materiaallijst

- * startput
- * generator
- * unit met aanbouwportiek (fig.4.)
- * persinstallatie
- * pilootstangen
- * container voor verwijderde grond
- * stalen buizen met geïntegreerde avegaarden, ruimer
- * bak voor grondtransport
- * opslagplaats en productbuizen
- * meetinstrumenten (theodoliet, scherm...)
- * materialenkeet en schaftkeet
- * eventueel uitrusting tegen grondwaterdruk

2.2 Beschrijving van de belangrijkste onderdelen

Startput en eindput

De startput heeft afmetingen afgestemd op de te persen buislengtes. Bij een ronde uitvoering 2.0 m tot 2.5 m bij buislengtes van 1 m en tot 3.20 m voor buislengtes van 2 m. Naargelang de lengtes van de boorstangen en stalen buizen heeft de eindput een afmeting van 1.2 m of groter ook afhankelijk van machinetype. (fig.5.)

Pilootstang

De pilootstang bestaat uit afzonderlijke staven die men vanuit een startput de grond indrijft. Ze worden in de eindput ontkoppeld en gerecupereerd. De stangen zijn hol omdat de optische straal er doorheen dient te gaan en bovendien meestal dubbelwandig om tijdens het draaien de wrijving met de bodem te minimaliseren.

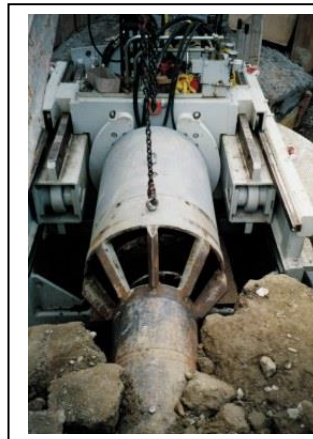


Fig.3.
Ruiming
naar
grote
dia-
meters.



Fig.4. De machinecontainer is zeer compact. Kraanbaan boven de startput.



Fig.5. Recuperatie van stalen buis en avegaar in eindput.

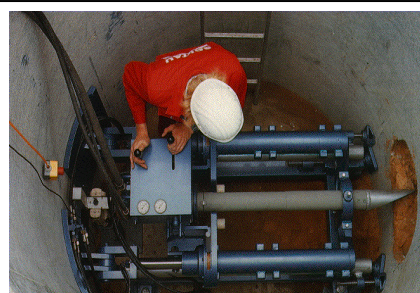


Fig.6. conische kop op de pilootstang laat helling- en richtingcorrecties toe

Stalen buizen

Deze worden na het doorduwen van de pilootstang achter de laatst ingebrachte stangdeel gekoppeld. Elke buis bevat een overeenkomende lengte van de avegaar welke tevens aan een vorig avegaarsegment gekoppeld wordt. De eerste stalen buis bevat conisch gevormde snijribben voor het wegfreen en de opname van de bodem. De rest van de avegaarstreng transporteert de grond naar de startput waar de bodem in een bak wordt opgevangen die regelmatig ter hoogte van het maaiveld geledigd wordt.

De persinstallatie

De persinstallatie bestaat uit een frame met daarop de hydraulische cilinders (twee stuks bij kleine diameters) en een stalen drukverdeelring. Het frame wordt in de persput opgesteld en exact uitgelijnd. De persinstallatie wordt met hydraulische slangen verbonden met de in de persput opgestelde bedieningsunit.

Aan de achterzijde van de persinstallatie is een drukverdeelwand (afduwmassief) aangebracht. De hydraulische cilinders oefenen de nodige drukkracht (perskracht) uit op achtereenvolgens de pilootstang, de metalen buizen en tenslotte de productbuizen. De hydraulische cilinders worden gevoed door een hydraulische pompgroep die zich buiten de put bevindt.



Fig. 7. Frame met hydraulische cilinders. De videomonitor waarop de sturbewegingen worden gevolgd is in de put gemonteerd.

Telkens wanneer een deelstang, metalen buis en productbuis geperst is, worden de hydraulische cilinders ingetrokken en nieuwe elementen in de put geplaatst en doorgeperst tot de laatste productbuis is ingebracht.

De stroomgenerator

Een stroomaggregaat of het stroomnet (in uitzonderlijke gevallen) levert de nodige energie voor het boorsysteem met toebehoren.

Meetinstrumenten

Doorheen de holle pilootstang richt men een optische lichtbundel naar de target in de stangkop. Diens positie registreert men via een ccd camera waarvan het beeld op een monitor in de startput wordt overgebracht (fig.7.) zodat de operator in de startput de richtings- en hellingsafwijking kan bijsturen door de afgeschuinde stangkop te verdraaien en tegelijk vooruit te duwen. (fig. 6.)

Deze afwijkingen kunnen worden geregistreerd ter staving van de geleverde controlebewegingen.

Boren onder beperkte grondwaterdruk

Dit gebeurt door onmiddellijk na de laatste stang een avegaarsluis toe te voegen welke aan voor en achterkant een segment van de doorsnede opent respectievelijk sluit zodat grondwaterdruk zich niet doorheen deze sluis voortzet in de leiding (fig.8). Een tweede mogelijkheid bestaat erin onmiddellijk na de laatste stang een afdichtingskegel te voorzien die via luchtdrukbediening de opening van het eerste avegaarsegment afsluit wanneer in de startput een volgend buisstuk wordt aangekoppeld (fig.9). Een derde mogelijkheid bestaat erin het ganse systeem in overdruk te brengen.

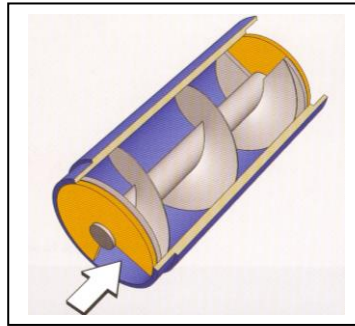


Fig 8. ruimer-sluis tegen grondwaterdruk. Is echter sterk onderhevig aan sleet en verlaagt het persrendement.

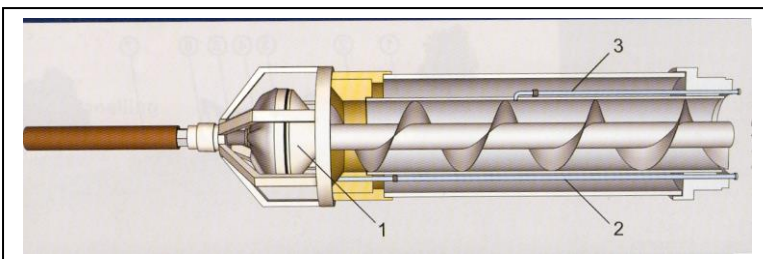
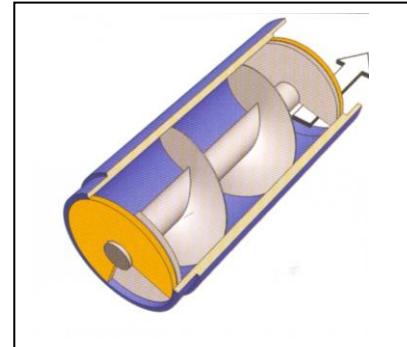


Fig.9. pneumatisch bediende afsluitconus.

C : Microtunnelling met droog grondtransport d.m.v. avegaar in stalen casing-buis

1. Toepassingsgebied

Deze boormethode wordt gebruikt voor het rechtlijnig doorpersen van buisdiameters D_i 500 tot en met D_i 1000 mm. Het grondtransport gebeurt door middel van een stalen avegaar binnen in een stalen casing-buis. De meeste toepassingen liggen in het bereik van hoofdriolen in de middelgrote diameters tot DN 800. Deze methode is toepasbaar in uiteenlopende bodemsoorten, echter niet in rots met hoge druksterkte en beperkt in rots met lagere druksterkte ($< 50 \text{ N/mm}^2$), eveneens beperkt in niet-cohesieve gronden welke sterk gecompacteerd zijn of cohesieve gronden welke zeer week tot brijachtig zijn. Meestal zal deze methode vooral gebruikt worden voor doorpersingen boven het grondwater of met verlaagd grondwaterpeil, doch er kan eventueel geboord worden onder grondwaterniveau, namelijk tot een grondwaterkolom van max. 3 tot 5 m boven de BOK van de buis. Dit is slechts mogelijk in cohesieve bodems met geringe ($k < 10^{-8} \text{ m/s}$) of matige permeabiliteit ($k < 10^{-6} \text{ m/s}$), door de vorming van een bodemprop vooraan in de avegaar. In sommige niet-cohesieve gronden kan tot ca. 2m onder grondwater geboord worden door het boorschild met druklucht in overdruk te brengen. D.m.v. pneumatische of hydraulische druk tijdens de persing en bij het inbrengen van een volgende buis, kan het begin en einde van de avegaar afgesloten worden om ongecontroleerde grondwaterstroming doorheen de geboorde streng tegen te gaan (hiervoor bestaan verschillende technieken). Afhankelijk van diameter, bodem en aandrijvingstype kunnen lengtes geperst worden van 80 m tot 120 m. Beperkingen zitten vooral in het lasermeetsysteem gecombineerd met deze techniek (afwijkingen door warmteontwikkeling). De gronddekking dient minstens 1,0m te bedragen

of 1,5 x de buitendiameter van de te boren buis. Grotere dieptes zijn nodig wanneer met luchtdruk wordt gewerkt.

2. Beschrijving van het systeem

Meestal gaat het om een boring in één enkele fase. Dit betekent dat, tegelijk met de het wegfreen van de bodem, ook de productbuizen worden doorgeperst. De afvoer van de bodem tijdens het persen gebeurt via de avegaar die draait in een stalen casing-buis welke zich tijdens het persen in de productbuis bevindt. Deze bodem komt terecht in een bak onder het persraam. (fig.18.). Periodiek, meestal telkens nadat één of enkele buizen zijn doorgeperst, wordt deze bak geleidigd buiten de persput. Omdat het meestal gaat om een droge boring, kan de bodem zonder (dure) ontzandingsinstallatie in containers worden opgeslagen en weggevoerd. De druk aan het boorfront wordt mechanisch in stand gehouden door het boorschild en de bodemprop vooraan in de avegaar.

Vanuit de startput wordt doorheen naast de stalen casing-buis of doorheen de holle as van de avegaar een laser geprojecteerd naar de target uitgerust met fotodiodes welke de positie van de laser doorgeven naar de stuurcabine. Fig. 18. schematische voorstelling van de bodemverwijdering. Fig.19. doorsnede door avegaar microtunneling machine met separaat aangedreven boorschild.

Ofwel wordt het boorschild tegelijk met de avegaar vanuit de startput aangedreven ofwel wordt het boorschild direct aangedreven door een motor die zich in de microtunneling machine zelf bevindt. (fig.20.) Op het eindpunt aangekomen, worden stalen buissegmenten met hun avegaarsegmenten ontkoppeld en gerecupereerd.

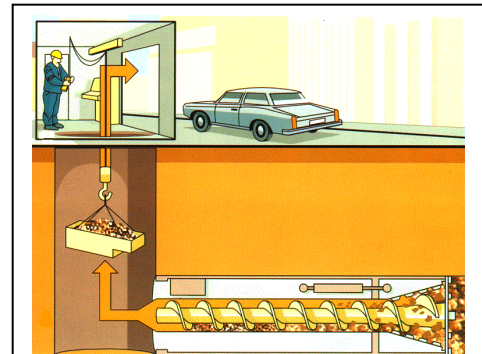


Fig. 18. schematische voorstelling van de bodemverwijdering.

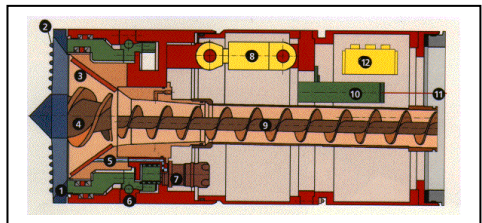


Fig.19. doorsnede door avegaar microtunneling machine met separaat aangedreven boorschild.



Fig.20. Standaard boorschild met scrapertanden.

2.1 Materiaallijst

- * persput met drukverdeelwand (afduwmassief)
- * generator
- * container voor verwijderde grond
- * 20-voetscontainer (6 m x 2.55m) of 40 voetscontainer (12 mx 2.55 m) met het controlepaneel en de hydraulische aandrijvingen met aanbouwportiek
- * persinstallatie met persframe, aandrijving van de avegaar, perscilinders
- * microtunneling machine (fig.19)
- * bak voor grondtransport
- * stalen buizen met geïntegreerde avegaardelen,
- * opslagplaats en productbuizen
- * meetinstrumenten (laser...)
- * materialenkeet en schaftkeet
- * eventueel uitrusting tegen grondwaterdruk, eventueel compressor

- * eventueel smeersysteem voor productbuizen en/of de stalen buizen
- * eventueel bentoniet- en cementpomp
- * vrachtwagen (ev.met autolaadkraan)
- * eet- en magazijncontainer
- * bemaling (indien nodig)

2.2 Beschrijving van de belangrijkste onderdelen

Startput (persput) en eindput (aankomstput)

De startput heeft afmetingen afgestemd op de te persen buislengtes. Bij een ronde uitvoering diam. 2,5m nuttig inwendig (voor buizen Di 500 tot 600mm) bij buislengtes van 1,0 m en tot diam. 3,30m nuttig inwendig voor buislengtes van 2 m. De eindput heeft een afmeting van 2,0 m nuttig inwendig voor buizen van 1m lengte en van 2,30m nuttig inwendig voor buislengtes van 2 m. Voor grotere diameters wordt de machine opgesteld in een persput van ongeveer 8,0 x 4,0m nuttig inwendig. Verschillende uitvoeringsvormen zijn mogelijk zoals: beschoeiing (damwanden en grote platenbeschoeiing), glijbeschoeiing, ringvormige of rechthoekige betonsegmenten, spuitbeton...De voorzijde van de persput kan worden voorzien met grondichte damwanden type KD6. Bij de start van de doorpersing worden enkel de damwandprofielen getrokken die zich in het boortraject bevinden, zodat het vrijblijvende gedeelte beschoeid blijft. Bij onstabiele grond wordt aan de buitenzijde van de put een prop van gestabiliseerd zand aangebracht.

Stalen buizen met avegaar

Deze stalen buizen met avegaar zijn geplaatst in de productbuizen en het grondtransport verloopt in de stalen casing-buis; zo worden de productbuizen beschermd tegen impact van de avegaar en van stenen die door de avegaar worden afgevoerd. Elke buis bevat een overeenkomende lengte van de avegaar welke tevens aan een vorig avegaarsegment gekoppeld wordt. De avegaarstreng transporteert de grond naar de startput waar de bodem in een bak wordt opgevangen die regelmatig ter hoogte van het maaiveld geledigd wordt.

De persinstallatie

De persinstallatie bestaat uit een frame met daarop de hydraulische cilinders en een stalen drukverdeelring. Het frame wordt in de persput opgesteld en exact uitgelijnd. De persinstallatie wordt met hydraulische slangen verbonden met de in de bedieningscontainer of ernaast opgestelde hydraulische aandrijving. De avegaar wordt eveneens aangedreven door een hydraulisch aggregaat.

Aan de achterzijde van de persinstallatie is een drukverdeelwand (afduwmassief) aangebracht. De hydraulische cilinders oefenen de nodige drukkracht (perskracht) uit op de productbuizen. De hydraulische cilinders worden gevoed door een hydraulische pompgroep opgesteld in de stuurcontainer. Telkens wanneer een productbuis geperst is, worden de hydraulische cilinders ingetrokken en nieuwe elementen in de put geplaatst en doorgeperst tot de laatste productbuis is ingebracht.

De stroomgenerator

Een stroomaggregaat of het stroomnet (in uitzonderlijke gevallen) levert de nodige energie voor het boorsysteem met toebehoren.

Het boorschild

Het boorschild omvat vooraan het boorrad met achterliggende conus. De keuze van het type schild hangt af van de bodemkarakteristieken, hoe gemakkelijk de bodem kan worden losgeboord, de aanwezigheid van stenen en het belang van het drukevenwicht aan het boorfront. Het grondtransport gebeurt doorheen de speciale 'casing'-buizen die tijdelijk in de doorpersbuizen worden geplaatst.

Avegaar en boorschild worden gelijktijdig vanuit de startput aangedreven voor DN 500. Voor moeilijkere omstandigheden (stenen, rots met lagere druksterkte) en vanaf DN 500 tot DN 800 kan de aandrijving van het boorschild in de microtunnelingmachine zelf opgesteld worden zodat het boorschild direct wordt aangedreven (fig.23.). De boorkop is daarbij uitgerust met een steenbreker. Dit maakt het tevens mogelijk om betere controle te houden over de steundruk aan het boorfront, grotere perslengtes te verwezenlijken, het verrollen tegen te gaan door de rotatierichting van het boorschild om te keren.

Wordt de avegaar en het schild gelijktijdig vanuit de startput aangedreven dan kunnen stenen niet worden gebroken en mogen deze bijgevolg niet groter zijn dan 1/3 van de avegaardiameter (fig.22). Het binnendringen van stenen wordt dan ook beperkt door de grootte van de openingen ofwel in het boorschild zelf, aan de buitenomtrek van het boorschild of in de conus. In minder compacte bodems is het boorschild erop voorzien om stenen in de bodem te verdringen.



Fig.21. In doorpersbuis gemonteerde avegaar.

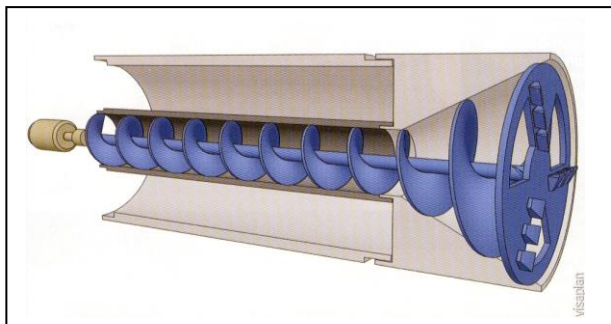


Fig.22. schema voor vanuit startput aangedreven boorschild

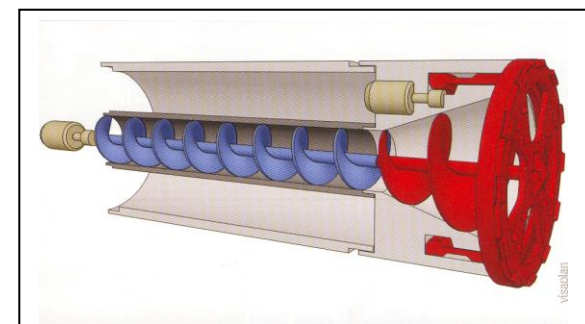


Fig. 23. schema voor direct aangedreven boorschild

Bij een direct aangedreven schild is meestal een steenbrekerconus aanwezig; de bodem wordt dan door het boorschild weg geboord, gecompacteerd in de trechtervormige ruimte en stenen tot 1/3 van de buitendiameter van het boorschild worden erin vermalen. Voor boren onder grondwaterdruk in cohesieve grond wordt de afdichting gerealiseerd via een bodempomp in de avegaar. Daartoe is de kamer achter het boorschild conisch uitgevoerd en heeft de avegaar vooraan een engere spiraalwinding. Tevens kan beperkt onder grondwater worden geboord in minder cohesieve gronden door pneumatisch of hydraulisch de avegaar af te sluiten.

Bijkomende uitrusting welke kan voorzien worden zijn:

Injectie onder druk van water of bentonietmengsels doorheen de holle stang van de avegaar, of aan het boorfront om het losmaken en transport van de bodem te verbeteren of

wrijving tussen bodem en productbuis te verminderen. (bv. zeer stijve, cohesieve gronden of in zandige gronden met eenvormige korrelopbouw).

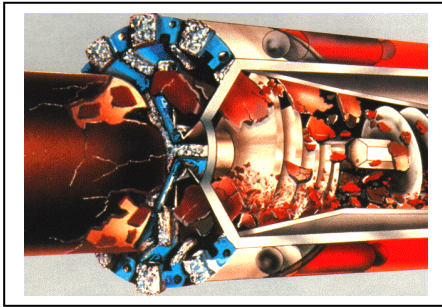


Fig. 24 en 25
Wegfresen van
bestaande leiding
via pipe eating



Meetinstrumenten

Richting en helling worden gedurende de hele operatie in kleine tijdsintervallen gecontroleerd via een permanente laser die, parallel aan de as van de doorpersing naar een fotodiode-target wordt gericht om bijsturing in richting en helling te kunnen verrichten. Er wordt uitgegaan van een rechte lijnige boring. De inclinometer laat toe verrolling en helling te controleren. Tevens worden gecontroleerd: doorperskrachten, positie, stand van het boorschild. Deze afwijkingen kunnen worden geregistreerd ter staving van de geleverde controlebewegingen. Deze gegevens worden om de 20cm opgeslagen op de harde schijf en, na het beëindigen van de doorpersing, afgedrukt. De positie van het boorschild ten opzichte van de laser wordt grafisch op een beeldscherm weergegeven en afwijkingen, zowel horizontaal als verticaal, kunnen onmiddellijk bijgestuurd worden vanaf een controle/bedieningspaneel.

3. Uitvoeringsmethode

Na het opzoeken en eventueel omleggen van kabels en leidingen die zich in de zone van de uitgraving bevinden, wordt in eerste instantie (indien nodig) de bemaling geplaatst. Aangezien het front van het boorschild niet of slechts beperkt waterdicht is, kan het noodzakelijk zijn het grondwaterpeil ter hoogte van de pers- en ontvangstput en het boortraject te verlagen. De eventuele bemalingsfilterlijn wordt (indien mogelijk) minimum 4m uit de as van de doorpersing geplaatst, enerzijds om de stabiliteit van de grond ter hoogte van de persput niet te verstoren en anderzijds om te vermijden dat de bentonietinjectie tijdens het doorpersen in de filters wordt gepompt.

Nadat het grondwaterpeil de vereiste diepte heeft bereikt wordt er gestart met de inplanting van de persput. In de meeste gevallen wordt de voorzijde van de persput 1m voor het einde van de doorpersing ingeplant zodat er nog genoeg ruimte overblijft voor het eventueel nadien plaatsen van een definitieve inspectieput of kamer.

Aangezien de staat van de persput invloed zal hebben op het verdere verloop van de doorpersing is het belangrijk de volgende punten in acht te nemen :

- De werkvloer van de persput moet, indien onstabiel, verbeterd worden met grind, beton of stabilisatiezand.
- De persput moet centrisch t.o.v. de as van de doorpersing ingeplant worden.
- De achterzijde van de persput (steunfront) moet zich loodrecht t.o.v. van de as van de doorpersing bevinden.
- Het steunfront moet bestaan uit maagdelijke grond, indien deze werd ontgraven, moet er aangevuld worden met beton of stabilisatiezand.

Het opstellen van de persinstallatie kan beschouwd worden als de belangrijkste fase van het boorproces.

De persinstallatie wordt door middel van een waterpastoestel en een theodoliet met de nodige nauwkeurigheid opgesteld volgens het theoretisch profiel.

Vervolgens wordt achter in de persput de automatische perslaser (deze laser heeft de eigenschap dat zowel de hoogte als de richting wordt gecorrigeerd) geplaatst en parallel t.o.v. de as van de doorpersing uitgelijnd. Er wordt voorkeur gegeven aan een 'vrije' opstelling, d.w.z. dat de laser geen contact heeft met de persinstallatie of de persput. Het boorschild wordt in de persinstallatie gemonteerd en geijkt.

Na het optrekken van het damwandscherm wordt het schild in de grond geperst terwijl simultaan het boorfront wordt afgegraven door het boorrad. De afgegraven grond wordt doorheen de stalen de casing-transportbuizen naar buiten geleid en door middel van de transportband en/of grondbak die zich onder de machine bevindt, verwijderd. Na het inpersen van het boorschild wordt de eerste doorpersbuis met stalen casing-buis en avegaar, kabels en leidingen gemonteerd. Deze cyclus wordt herhaald tot de doorpersing de vereiste lengte heeft bereikt.

Tijdens iedere pauze wordt het boorrad ingeklapt zodat het boorfront gestabiliseerd is.

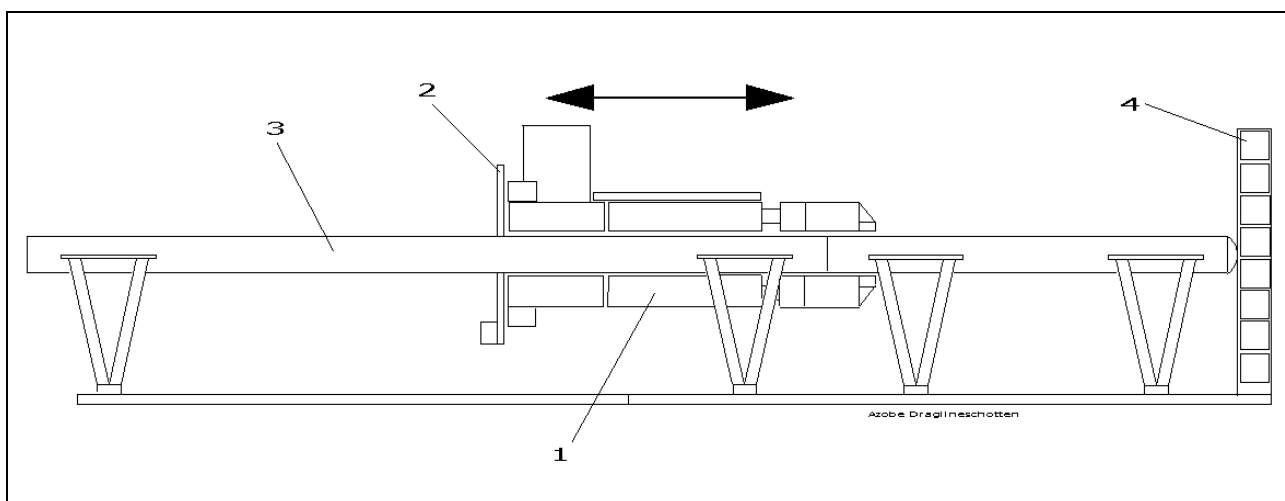
Tijdens het persen wordt, om zettingen ten gevolge van de overcut te vermijden, de holle ruimte opgevuld met bentoniet. Een ander effect van deze injectie is het verminderen van de laterale wrijving.

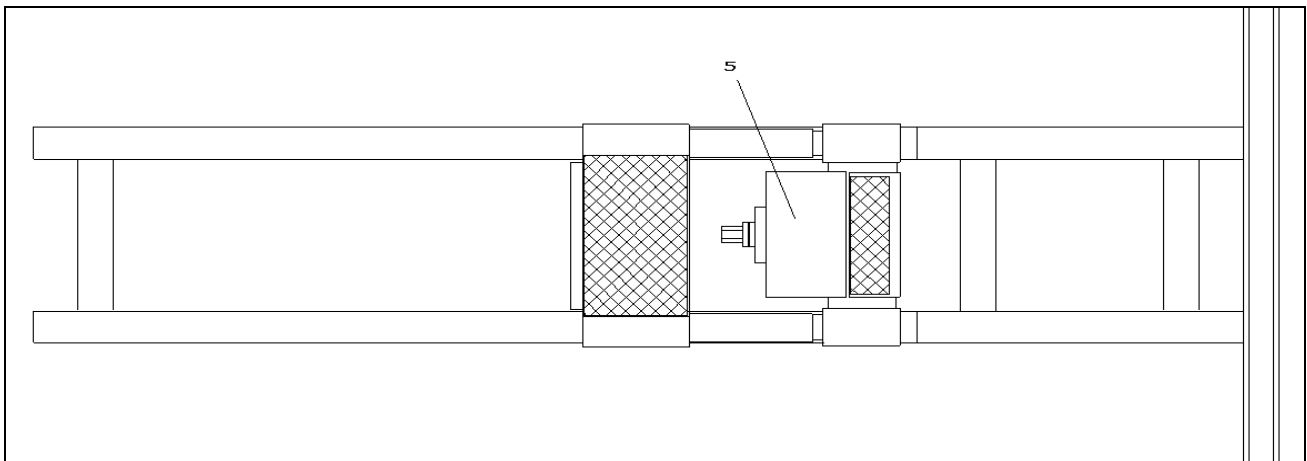
De ontvangstput wordt niet op voorhand uitgegraven, omdat dit in de eindfase van de doorpersing ernstige grondverschuivingen zou kunnen veroorzaken

Persinstallatie

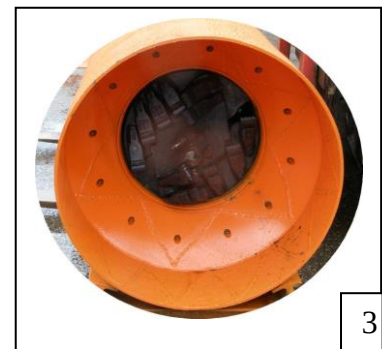
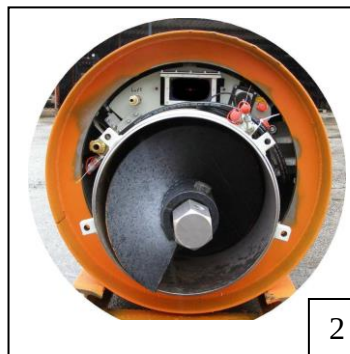
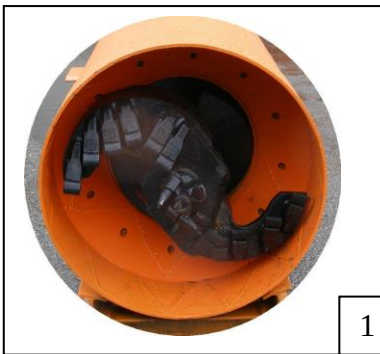
In principe zijn de doorpersinstallaties steeds opgebouwd uit de volgende componenten:

1. Twee of vier hoofdvijzels voor het indrukken van de doorpersbuizen in de grond.
2. Een drukring voor het gelijkmatig overbrengen van de drukkrachten van de hoofdvijzels op de doorpersbuizen.
3. Een rail voor de ondersteuning van de doorpersbuizen in de persput en de geleiding van de installatie.
4. Een drukvlak om de perskrachten op het steunfront te verdelen.
5. Een hydraulische aandrijving voor de spiralen.





Boorschild



1. Boorschild open
2. Achterzijde microtunnelingmachine met droog grondtransport
3. Boorschild dicht
4. Microtunnelingmachine met droog grondtransport

Bij dit type van microtunnelingsmachine wordt er permanent een laserstraal, parallel aan de as van de doorpersing, op een target in het boorschild, afgelezen.

Het grondtransport gebeurt doorheen speciale "inliner" buizen, die tijdelijk in de doorpersbuizen worden geplaatst.

Het speciale ontwerp van het snijrad blokkeert het graaffront tijdens de montage van een nieuwe doorpersbuis en tijdens het stilleggen van de doorpersing.

De positie van het boorschild ten opzichte van deze laser wordt grafisch op een beeldscherm weergegeven en afwijkingen, zowel horizontaal als verticaal, kunnen onmiddellijk bijgestuurd worden vanaf een controlepaneel voor de bediening van de hydraulische vijzels in de snijschoen.

Op elk moment kunnen de positie en de helling van de snijschoen afgelezen worden, samen met de druk op de hoofdvijzels, de afgelegde afstand en de mate waarin de stuurvijzels uitgeduwd zijn.

Deze gegevens worden om de 20cm opgeslaan op de harde schijf, en na het beëindigen van de doorpersing afgedrukt.

Volgende componenten maken deel uit van het sturingssysteem van een microtunnelingsmachine :

- ♦ Een inclinometer om de hellingsgraad en van het boorschild te bepalen.

- ♦ 4 sensoren om de stand van het snijmes t.o.v. het vast gedeelte te meten.
- ♦ Een target in het vast gedeelte om via een laserstraal de positie van het boorschild t.o.v. de theoretische as te bepalen.
In de target is eveneens een inclinometer ingebouwd om de verrolling rond de as van de doorpersing te meten. Deze moet gekend zijn om de juiste positie van het boorschild te berekenen.
- ♦ Een stuureenheid om de hydraulische ventielen van de stuurvijzels van op afstand te bedienen.
- ♦ Een druksensor om de doorperskrachten te registreren.
- ♦ Een loopwiel om de lengte van de doorpersing te meten.

Al deze componenten zijn via een datakabel verbonden met een computer waar alle metingen op een beeldscherm worden aangegeven.

Vanaf een schakelpaneel naast de computer kunnen alle stuurcilinders apart bediend worden.

Inliner-transportbuizen

Deze stalen kokers (300mm of 500mm) waarin zich de spiralen bevinden zullen zorgen voor het grondtransport. Hiermee wordt vermeden dat de laserstraal door grondopstapeling onderbroken wordt. Boven op deze buizen is een ligplaats voorzien voor de datakabels en hydraulische leidingen.



Inliner transportbuis en doorpersbuis

Vrachtwagen met autolaadkraan

Functie:

- Monteren van de persinstallatie
- Plaatsen van de doorpersbuizen
- Verwijderen van de grond afkomstig uit de doorpersing

Stroom – las – hydraulische aggregaat (Combi)

Functie :

- Het aandrijven van de perscilinders en de avegaar
- Het leveren van de nodige stroom voor de onderdelen van de persinstallatie. Ondergronds wordt er om elektrocutie te vermijden via transformatoren overgeschakeld op 24V.
- Het lassen van stalen buizen indien voorzien.

Bentoniet- en cementpomp

Functie :

- het opvullen en stabiliseren van de holle ruimte ontstaan door de overcut.
- Het reduceren van de laterale wrijving tussen de gronde en de doorpersbuis.
- het opvullen en stabiliseren van de holle ruimte ontstaan door de overcut na het beëindigen van de doorpersing met een cementmengsel (blokkeerinjectie).

3. Uitvoeringsmethode

Na het opzoeken en eventueel omleggen van kabels en leidingen die zich in de zone van de uitgraving bevinden, wordt in eerste instantie (indien nodig) de bemaling geplaatst. Aangezien het front van het boorschild niet waterdicht is, is het noodzakelijk het grondwaterpeil ter hoogte van de pers- en ontvangstput en het boortraject te verlagen. De filterlijn wordt (indien mogelijk) minimum 4m uit de as van de doorpersing geplaatst, enerzijds om de stabiliteit van de grond ter hoogte van de persput niet te verstoren, anderzijds om te vermijden dat de bentonietinjectie tijdens het doorpersen niet in de filters wordt gepompt.

Nadat het grondwaterpeil de vereiste diepte heeft bereikt wordt er gestart met de inplanting van de persput. In de meeste gevallen wordt de voorzijde van de persput 1m voor het einde van de doorpersing ingeplant zodat er nog genoeg ruimte overblijft voor het eventueel plaatsen van een inspectieput of kamer.

Aangezien de staat van de persput invloed zal hebben op het verdere verloop van de doorpersing is het belangrijk de volgende punten in acht te nemen :

- De werkvloer van de persput moet indien onstabiel, verbeterd worden met grind, beton of stabilisatiezand.
- De persput moet centrisc t.o.v. de as van de doorpersing ingeplant worden.
- De achterzijde van de persput (steunfront) moet zich loodrecht t.o.v. van de as van de doorpersing bevinden.
- Het steunfront moet bestaan uit maagdelijke grond, indien deze werd ontgraven moet er aangevuld worden met beton of stabilisatiezand.

Het opstellen van de persinstallatie kan beschouwd worden als de belangrijkste fase van het boorproces.

De persinstallatie wordt door middel van een waterpastoestel en een theodoliet met de nodige nauwkeurigheid opgesteld volgens het theoretisch profiel.

Vervolgens wordt achter in de persput de automatische perslaser (deze laser heeft de eigenschap dat zowel de hoogte als de richting wordt gecorrigeerd) geplaatst en parallel t.o.v. de as van de doorpersing uitgelijnd. Er wordt voorkeur gegeven aan een vrije opstelling d.w.z. dat de laser geen contact heeft met de persinstallatie of de persput. Het boorschild wordt in de persinstallatie gemonteerd en geijkt.

Na het optrekken van het damwandscherm wordt het schild in de grond geperst terwijl simultaan het boorfront wordt afgegraven door het boorrad. De afgegraven grond wordt door de inliner-transportbuizen naar buiten geleid en door middel van de transportband die zich onder de machine bevindt verwijderd. Na het inpersen van het boorschild wordt de eerste doorpersbuis met inlinerbuis, kabels en leidingen gemonteerd. Deze cyclus wordt herhaald tot de doorpersing de vereiste lengte heeft bereikt.

Tijdens iedere pauze wordt het boorrad ingeklapt zodat het boorfront gestabiliseerd is. Tijdens het persen wordt om zettingen ten gevolge van de overcut te vermijden de holle ruimte opgevuld met bentoniet. Een ander effect van deze injectie is het verminderen van de laterale wrijving.

De ontvangstput wordt niet op voorhand uitgegraven, omdat dit in de eindfase van de doorpersing ernstige grondverschuivingen zou kunnen veroorzaken.

D: Microtunneling met hydraulisch grondtransport:

1. Toepassingsgebied

Deze boormethode wordt gebruikt voor het realiseren van rioleringen en afvalwatercollectoren onder het grondwaterpeil gelegen. Het kruisen van wegen, waterlopen, bestaande infrastructuur, kabels, leidingen, enz. met buisdiameters variërend van 400 mm tot 1600 mm (en indien nodig tot zelfs 3500mm) kan met deze techniek veilig en bedrijfszeker worden uitgevoerd. (fig.26.)

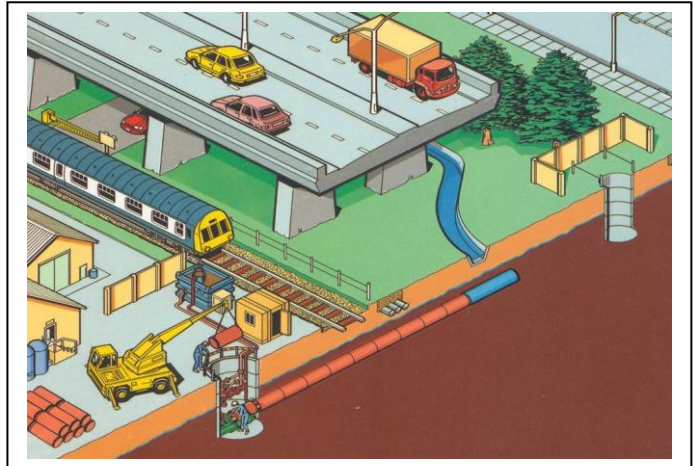


Fig.26; schematische voorstelling: microtunneling met hydraulisch grondtransport.

2. Beschrijving van het systeem

2.1 Materieellijst

- * boorschild
- * bedieningsunit met aanbouwportiek
- * persinstallatie
- * waterslot
- * magazijnkeet
- * kabel- en leidingenkeet
- * stroomgenerator
- * pompen
- * bezinkingsbekken of ontzandingsinstallatie
- * meetinstrumenten
- * schaftkeet

2.2 Beschrijving van de belangrijkste onderdelen

Het boorschild

Het boorschild bestaat uit een beweegbaar deel en een vast deel. Tussen deze twee delen bevinden zich 3 of 4 hydraulische stuurvijzels. Om bij elke hoekverdraaiing de waterdichtheid te garanderen tussen het vaste en het beweegbare deel is een speciale dichting aangebracht.

Het voorste beweegbare deel bestaat uit een boorrad met achterliggende breekruimte, welke steeds gevuld is met in plastische toestand gebrachte grond.



Fig.27. boorschilden voor verschillende diameters en grondtypes.

Het boorrad is voorzien van snijtanden, welke uitwisselbaar zijn bij slijtage of aanpasbaar naargelang de bodemgesteldheid. De keuze van het type boorrad/snijtanden is te bepalen voor de start van de boring (fig.27.).

In de breekruimte worden de losgeboorde hindernissen en harde insluitels gebroken en gekalibreerd. Via de injectieopeningen wordt water geïnjecteerd in de grondspecie, zodat een verpompaar mengsel ontstaat. De evenwichtstoestand wordt gecontroleerd en geïnterpreteerd in functie van het aandrieffkoppel op het boorrad en de debieten van aan- en afvoer.

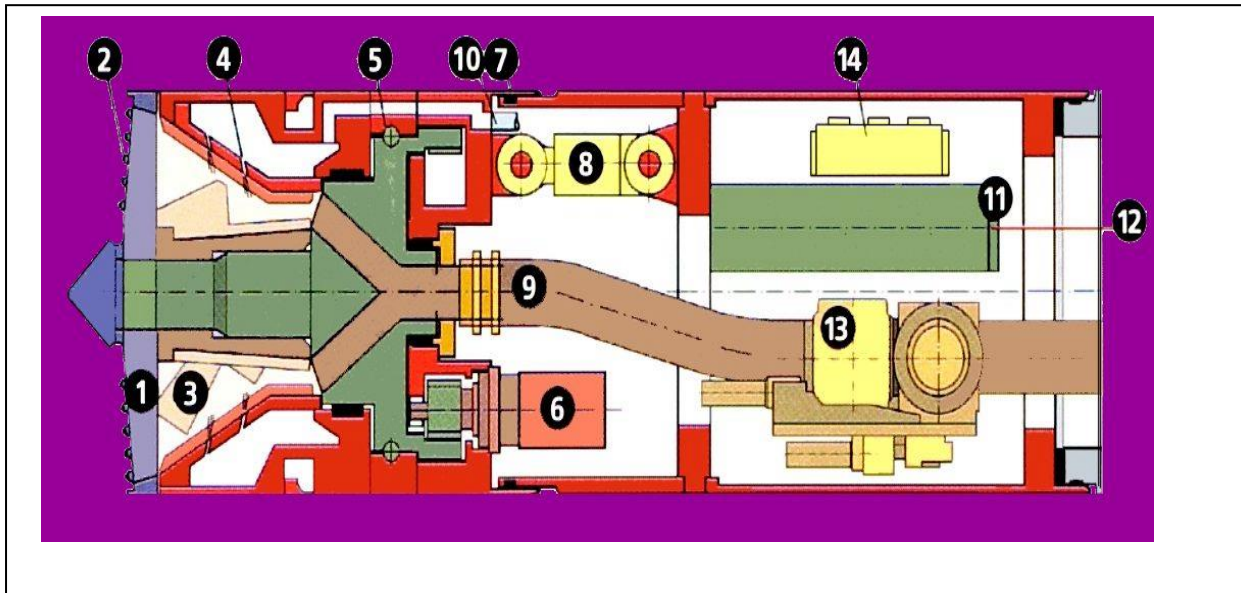


Fig. 28. Microtunneling machine met hydraulisch grondtransport.

- | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| 1. Snijrad | 6. Aandrijfrad | 10. Afvoerleiding |
| 2. Hard metaal | 7. Scharnierpunt | 11. Target |
| 3. Breekruimte | 8. Stuurcilinder | 12. Laserstraal |
| 4. Injectie-opening | 9. Aanvoerleiding | 13. Bypass |
| 5. Aandrijving | | 14. Ventielblok |

In het vaste gedeelte van het boorschild bevindt zich een hydraulische aandrijfmotor van het boorrad, de by-pass-installatie en de elektronische target. Bij stilstand wordt bij middel van de by-pass-installatie de aan- en afvoerleiding in het vaste gedeelte van het boorschild afgesloten, zodat het boorfront ondersteund blijft door de in plastische toestand gebrachte grondspecie.

Buiten de werkuren of tijdens het monteren van de buiselementen is het niet nodig apparatuur te laten draaien om het boorfront te ondersteunen.

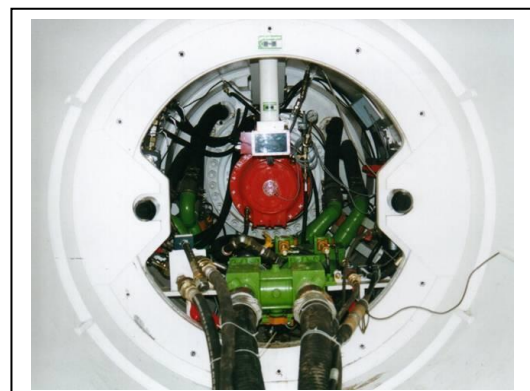


Fig. 29. binnenzicht in microtunneling machine met hydraulisch grondtransport

Tijdens het boren wordt de boorspecie bij middel van frequentiegeregelde centrifugaalpomp naar het oppervlak gepompt.

Na bezinking wordt de gezuiverde transportvloeistof terug naar het boorschild gepompt. (fig.30).

De bedieningsunit met aanbouwportiek

Vanuit de bedieningscontainer worden alle sleutelfuncties van het boorsysteem gestuurd. De afwijkingen van het boorschild, de persdrukken, de aan- en afvoerdebieten, de stand van de stuurvijzels en de stand van de kleppen worden continu weergegeven en door de computer geregistreerd. Op regelmatige tijdstippen kan een print van de registraties worden gegenereerd.

Via een aan de bedieningsunit aangebouwde monorail voorzien van een elektrische takel worden de boorbuizen neergelaten in de persput.

Door de modulaire en compacte bouw van de installatie kan hiermee op een zeer beperkte werfzone gewerkt worden.

De persinstallatie

De persinstallatie bestaat uit een compact frame met daarop een aantal hydraulische cilinders en een stalen drukverdeelring. Het frame wordt in de persput opgesteld en exact uitgelijnd. (fig.32.). De persinstallatie wordt met hydraulische slangen verbonden met de bovengronds naast de persput opgestelde bedieningsunit.

Aan de achterzijde van de persinstallatie is een drukverdeelwand (afduwmassief) aangebracht. De hydraulische cilinders oefenen de nodige drukkracht (perskracht) uit op de boorbuizen om deze over een welbepaalde lengte in de grond te persen. De stalen drukverdeelring voorzien van een houten hulpring zorgt voor een homogene verdeling van de perskracht over de volledige buissectie. De hydraulische cilinders worden gevoed door een hydraulische pompgroep die zich in of nabij de bedieningsunit bevindt.



Fig.30. Sedimentatie inrichting en aanmaak van betonietsuspensie



Fig.31. bedieningsunit

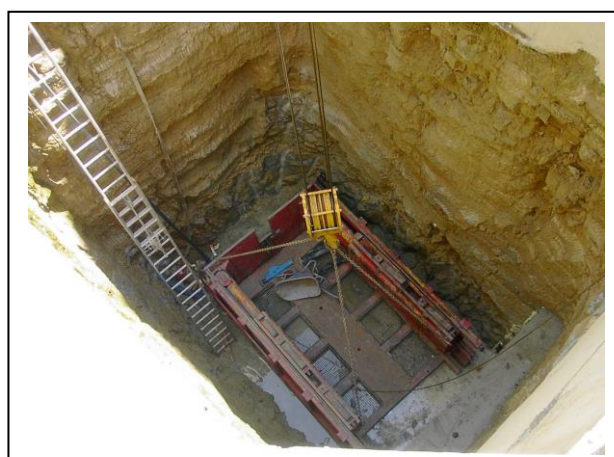


Fig.32. persframe

Telkens wanneer een buislengte geperst is, worden de hydraulische cilinders ingetrokken en een nieuw buiselement in de put geplaatst. Na het koppelen van de aan- en afvoerleidingen kan de perscyclus opnieuw starten.

De boorbuizen worden, simultaan met de graafwerkzaamheden aan het boorfront, één na één doorgeperst en dit tot uiteindelijk de ontvangstput wordt bereikt.



Fig.33. Persen van de buizen

Het waterslot

Om een persing uit te kunnen voeren is het noodzakelijk om een doorvoer door de schachtwand te hebben. Tijdens de gehele boorprocedure dient de stabiliteit van de grond ter hoogte van de doorvoeropening verzekerd te blijven evenals de waterdichtheid tussen persing en schachtwand.

Ter hoogte van de toekomstige vertrekopening wordt er tegen de schachtwand een stalen waterslot gemonteerd. (fig.34 en 35). Dit waterslot wordt waterdicht afgelast op de schachtwand. De stabiliteit van de grond tijdens het uitbranden van de schachtwand wordt verzekerd door een vertrekprop. Eventueel wordt bijkomend een kortstondige bemaling voorzien. De rubberdichting in het waterslot zorgt tijdens het boren voor een grond- en waterkerende verbinding tussen de schachtwand en de boorbuis.

Doorsnede van een waterslot

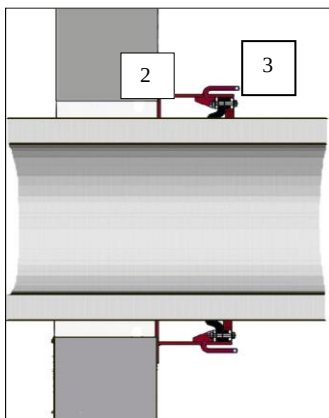


Fig.34 schema schachtdoorvoer met
1. boorbuis, 2. schachtwand, 3 dichting



Fig.35. Schachtdoorvoerplaat met
instelbare afdichting

Ter hoogte van de toekomstige aankomstopening in de aankomstput wordt tegen de schachtwand, na juiste localisering van het boorschild, eveneens een stalen waterslot gemonteerd en waterdicht afgelast. De stabiliteit van de grond tijdens het uitbranden van de wand van de ontvangtschacht wordt verzekerd door het boorschild zelf (dat op dat moment tegen de buitenzijde van de schachtwand zit) in combinatie met een aankomstprop en eventueel een kortstondige bemaling aan de buitenzijde van de schacht. Eens het schild door de schachtwand is binnengeduwd, zorgt de rubberdichting van het waterslot opnieuw voor een grond- en waterkerende verbinding tussen de schachtwand en de boorbuis.

De stroomgenerator

Een stroomaggregaat of het stroomnet (in uitzonderlijke gevallen) levert de nodige energie voor het boorsysteem met toebehoren.

De stroomverzorging aan de verbruikers (de bedieningscontainer met de hydraulische pompgroep, de aan- en afvoerpompen, ontzandingsinstallatie, enz...) gebeurt via voedingskabels en verdeelkasten. De elektrische installatie wordt onmiddellijk na opstelling aan een veiligheidskeuring onderworpen. De aarding wordt gecontroleerd, alsook de aanwezigheid van lekverliesschakelaars (boring = vochtige ruimte).

Bezinkingsbekken en ontzandingsinstallatie

De microtunnelling techniek is gekenmerkt door hydraulische grondaafvoer, d.w.z. het grond-/watermengsel wordt door middel van een centrifugaalpomp vanaf het boorschild naar het maaiveld gepompt via transportleidingen die zich in de doorpersing bevinden.

Op het maaiveld bevindt zich, indien de ruimte het toelaat, een bezinkingsbekken.

Door natuurlijke bezinking van de gronddeeltjes in het bezinkingsbekken vindt een scheiding plaats tussen grond en boorwater. Het boorwater wordt opnieuw naar de boorschild verpompt voor hergebruik.

Indien er geen ruimte beschikbaar is voor het graven van een bezinkingsbekken, kan overwogen worden om een ontzandingsinstallatie te plaatsen. Deze modulair opgebouwde unit is in staat om de uitkomende gronddeeltjes af te scheiden van het grond-/watermengsel. De ontzandingsinstallatie bestaat uit een aantal zeven en één of meerdere cyclonen. Deze laatste maken het mogelijk om de meest fijne gronddeeltjes tot ca. 60µm af te scheiden. Het boorwater komt na cyclonering in een buffercontainer en wordt van hieruit opnieuw naar het boorschild verpompt.

Meetinstrumenten

Een laser is vast opgesteld in de persput en geeft op de elektronische target in het boorschild de afwijkingen t.o.v. de theoretisch te boren aslijn aan. De gegevens worden om de 20 seconden doorgezonden naar de computer in de bedieningsunit. De gegevens worden weergegeven op een beeldscherm en kunnen op regelmatige tijdstippen worden afgedrukt. De operator zal, na interpretatie van de meetgegevens, de nodige stuurcorrecties uitvoeren vanuit de bedieningsunit.

In sommige gevallen kan er in bocht worden doorgeperst. Dit vereist een aangepast meetsysteem door middel van automatisch gestuurde theodolieten. Vanaf een aantal vaste punten in en rond de persput wordt een meetsequentie opgestart waarbij de theodolieten via onderlinge inmeting uiteindelijk de positie van het boorschild opmeten en weergeven in carthesische coördinaten. De gemeten coördinaten worden door de computer vergeleken met de theoretisch opgelegde coördinaten. Op basis van de Δx , Δy en Δz wordt de nodige stuurcorrectie bepaald.

E: Open front-doorpersing

1. Toepassingsgebied

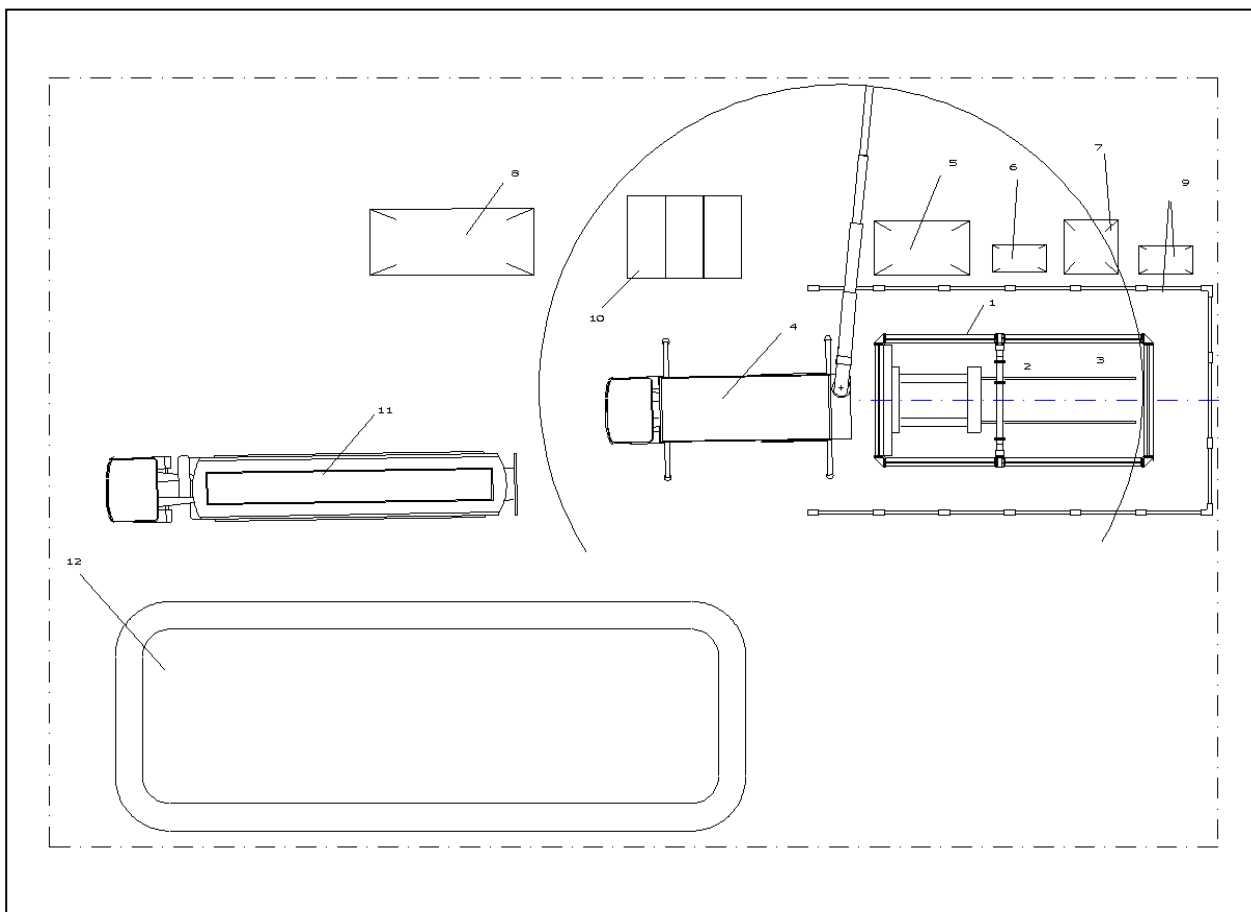
Deze methode zal vooral gebruikt worden om rechte lijnige doorpersingen van 1200mm tot 1600mm boven het grondwater of met verlaagd grondwaterpeil uit te voeren. Max. lengte zonder tussenstation 150m

Het grondtransport gebeurt door middel van een hoge-druk/vacuümunit.

2. Beschrijving van het systeem

2.1. Materieellijst

1. Persput in grootvlakbeschoeiing
2. Persinstallatie
3. Boorschild
4. Vrachtwagen met autolaadkraan
5. Hydraulisch aggregaat
6. Bentoniet- en cementpomp
7. Materiaalcontainer
8. Eet- en magazijncontainer
9. Bemaling (indien nodig)
10. Persbuisen
11. Hoge-druk/vacuümunit
12. Slibbekken

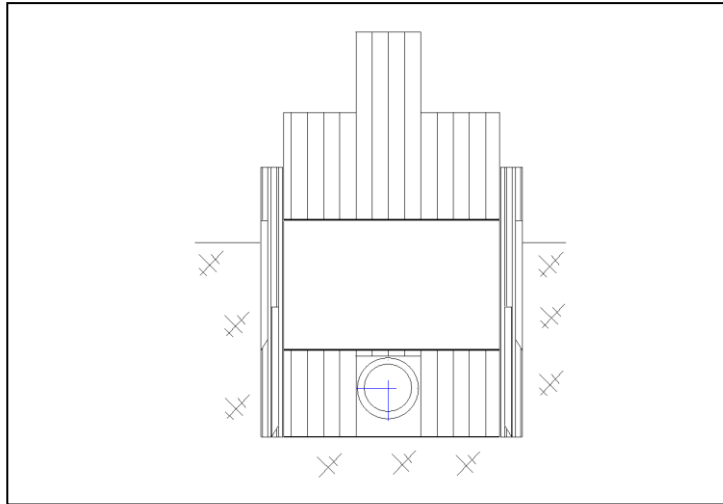


2.1.1. Persput in grootvlakbeschoeiing

De machine wordt opgesteld in een persput van ongeveer 9m op 4m.

Voor het merendeel wordt deze uitgevoerd in grootvlakbeschoeiing. De voorzijde van de persput wordt afgewerkt met damwanden. Bij de start van de doorpersing worden enkel de profielen die zich in het boortraject bevinden opgetrokken, zodat het vrijblijvende gedeelte beschoeid blijft.

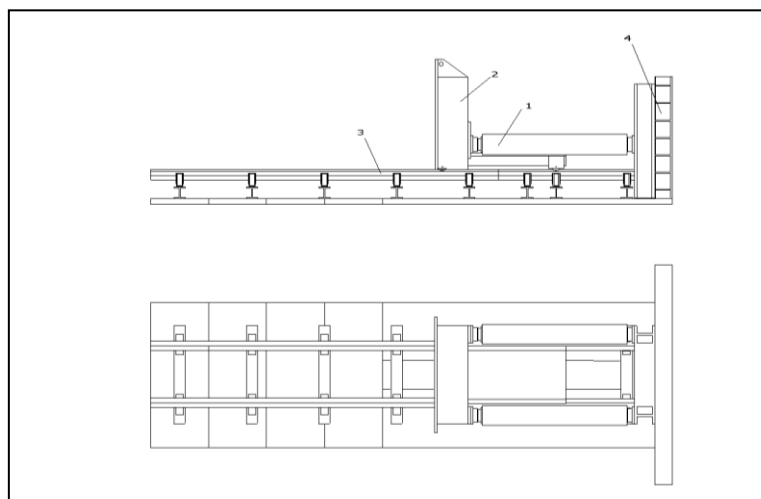
Bij onstabiele grond wordt voor het damplankenraam een prop van gestabiliseerd zand voorzien.



2.1.2. Persinstallatie

In principe zijn de doorpersinstallaties steeds opgebouwd uit de volgende componenten:

1. Twee of vier hoofdvijzels voor het indrukken van de doorpersbuizen in de grond.
2. Een drukring voor het gelijkmatig overbrengen van de drukkrachten van de hoofdvijzels op de doorpersbuizen.
3. Een rail voor de ondersteuning van de doorpersbuizen in de persput en de geleiding van de installatie.
4. Een drukvlak om de perskrachten op het steunfront te verdelen.



Alle onderdelen worden hydraulisch aangedreven d.m.v. een geluidsgedempte pompenaggregaat dat aan de rand van de persput wordt opgesteld.

2.1.3. Boorschild

Bij dit type van boorschild wordt er permanent een laserstraal, parallel aan de as van de doorpersing, op een target in het boorschild, afgelezen.

De positie van het boorschild ten opzichte van deze laser wordt grafisch op een beeldscherm weergegeven en afwijkingen, zowel horizontaal als verticaal, kunnen onmiddellijk bijgestuurd worden vanaf een controlepaneel voor de bediening van de hydraulische vizels in de snijschoen.

Op elk moment kunnen de positie en de helling van de snijschoen afgelezen worden, samen met de druk op de hoofdvizels, de afgelegde afstand en de mate waarin de stuurvizels uitgeduwd zijn.

Deze gegevens worden om de 20cm opgeslaan op de harde schijf, en na het beëindigen van de doorpersing afgedrukt.

Volgende componenten maken deel uit van het sturingssysteem van het boorschild:

- ◆ Een inclinometer om de hellingsgraad en van het boorschild te bepalen.
- ◆ 4 sensoren om de stand van het snijmes t.o.v. het vaste gedeelte te meten.
- ◆ Een target in het vaste gedeelte om via een laserstraal de positie van het boorschild t.o.v. de theoretische as te bepalen.
In de target is eveneens een inclinometer ingebouwd om de verrolling rond de as van de doorpersing te meten. Deze moet gekend zijn om de juiste positie van het boorschild te berekenen.
- ◆ Een stuureenheid om de hydraulische ventielen van de stuurvizels van op afstand te bedienen.
- ◆ Een druksensor om de doorperskrachten te registreren.
- ◆ Een loopwiel om de lengte van de doorpersing te meten.

Al deze componenten zijn via een datakabel verbonden met een computer waar alle metingen op een beeldscherm worden aangegeven.

Vanaf een schakelpaneel naast de computer kunnen alle stuurcilinders apart bediend worden.

2.1.4. Vrachtwagen met autolaadkraan

Functie:

- Monteren van de persinstallatie
- Plaatsen van de doorpersbuizen

2.1.5. Stroom – las – hydraulische aggregaat (Combi)

Functie:

- Het aandrijven van de perscilinders en de avegaar
- Het leveren van de nodige stroom voor de onderdelen van de persinstallatie. Ondergronds wordt er om elektrocutie te vermijden via transformatoren overgeschakeld op 24V.
- Het lassen van stalen buizen indien voorzien.

2.1.6. Bentoniet- en cementpomp

Functie:

- het opvullen en stabiliseren van de holle ruimte ontstaan door de overcut.

- Het reduceren van de laterale wrijving tussen de gronde en de doorpersbuis.
- het opvullen en stabiliseren van de holle ruimte ontstaan door de overcut na het beëindigen van de doorpersing met een cementmengsel (blokkeerinjectie).

2.1.7. Hoge-druk/vacuümunit

Functie:

- De ontgraving van het graaffront wordt manueel uitgevoerd, door de grond met een hogedrukklans te bewerken.
De werkdruk hangt af van de hardheid van de grond.
- Het mengsel grond/water wordt met een vacuüm/hogedruk unit via HDPE-buizen naar de persput gezogen en daar in een bezinkingsbekken gestort.

3. Uitvoeringsmethode

Na het opzoeken en eventueel omleggen van kabels en leidingen die zich in de zone van de uitgraving bevinden, wordt in eerste instantie (indien nodig) de bemaling geplaatst. Aangezien het front van het boorschild niet waterdicht is, is het noodzakelijk het grondwaterpeil ter hoogte van de pers- en ontvangstput en het boortraject te verlagen. De filterlijn wordt (indien mogelijk) minimum 4m uit de as van de doorpersing geplaatst, enerzijds om de stabiliteit van de grond ter hoogte van de persput niet te verstoren, anderzijds om te vermijden dat de bentonietinjectie tijdens het doorpersen niet in de filters wordt gepompt.

Nadat het grondwaterpeil de vereiste diepte heeft bereikt wordt er gestart met de inplanting van de persput. In de meeste gevallen wordt de voorzijde van de persput 1m voor het einde van de doorpersing ingeplant zodat er nog genoeg ruimte overblijft voor het eventueel plaatsen van een inspectieput of kamer.

Aangezien de staat van de persput invloed zal hebben op het verdere verloop van de doorpersing is het belangrijk de volgende punten in acht te nemen:

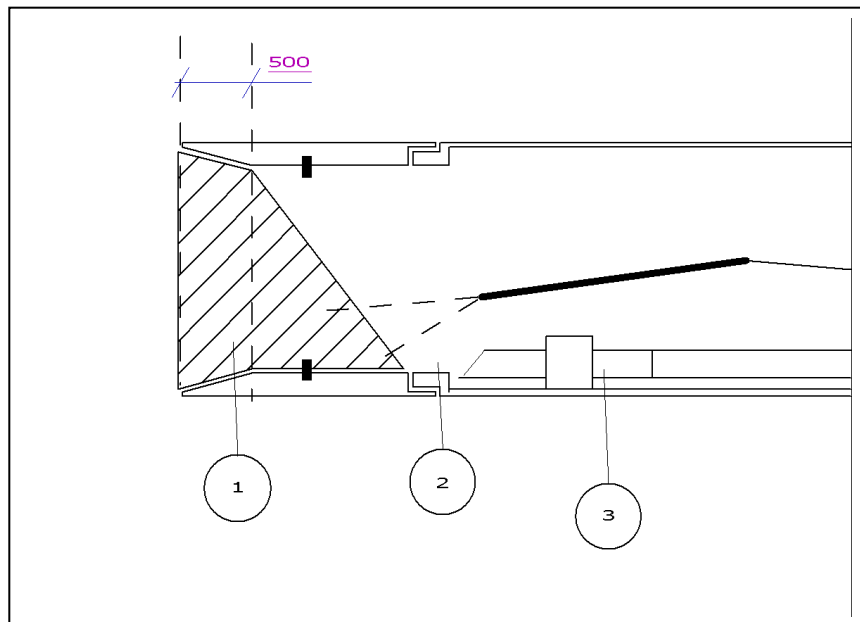
- De werkvloer van de persput moet indien onstabiel, verbeterd worden met grind, beton of stabilisatiezand.
- De persput moet centrisch t.o.v. de as van de doorpersing ingeplant worden.
- De achterzijde van de persput (steunfront) moet zich loodrecht t.o.v. van de as van de doorpersing bevinden.
- Het steunfront moet bestaan uit maagdelijke grond, indien deze werd ontgraven moet er aangevuld worden met beton of stabilisatiezand.

Het opstellen van de persinstallatie kan beschouwd worden als de belangrijkste fase van het boorproces.

De persinstallatie wordt door middel van een waterpastoestel en een theodoliet met de nodige nauwkeurigheid opgesteld volgens het theoretisch profiel.

Vervolgens wordt achter in de persput de automatische perslaser (deze laser heeft de eigenschap dat zowel de hoogte als de richting wordt gecorrigeerd) geplaatst en parallel t.o.v. de as van de doorpersing uitgelijnd. Er wordt voorkeur gegeven aan een vrije opstelling d.w.z. dat de laser geen contact heeft met de persinstallatie of de persput. Het boorschild wordt in de persinstallatie gemonteerd en geijkt.

Na het optrekken van het damwandscherm wordt het schild in de grond geperst zodat er zich een grondstop vormt van ongeveer 0.50 m(1). Deze wordt permanent behouden om de stabiliteit van het graaffront te verzekeren. Achter deze stop wordt de grond door middel van hoge druk afgebouwd en in een mengbad (2) opgevangen. De vermengde grond wordt via HDPE-buizen (3) naar buiten gezogen en tijdelijk opgeslagen in de vacuümwagen.



Na het inpersen van het boorschild wordt de eerste doorpersbuis, kabels en leidingen gemonteerd. In de meeste gevallen wordt tijdens deze fase het boorslib die zich in de vacuümwagen bevindt overgepompt naar het slibbekken. Deze cyclus wordt herhaald tot de doorpersing de vereiste lengte heeft bereikt.

Tijdens het persen wordt om zettingen ten gevolge van de overcut te vermijden de holle ruimte opgevuld met bentoniet. Een ander effect van deze injectie is het verminderen van de laterale wrijving.

De ontvangstput wordt niet op voorhand uitgegraven, omdat dit in de eindfase van de doorpersing ernstige grondverschuivingen zou kunnen veroorzaken.

Hoofdstuk II: horizontal directional drilling

Techniekbeschrijving: Horizontaal Gestuurde Boring

1. Toepassingsgebied

Deze boortechniek geschiedt vanaf het maaiveld. In het algemeen is er geen bouwput en grondwatertafelverlaging (bemaling) noodzakelijk. Gestuurde boringen worden vooral ingezet ten behoeve van de **niet-gravitaire** aanleg van persleidingen, drinkwaterleidingen, gasleidingen en kabeldoorvoer. Deze techniek heeft als voordeel dat een leiding over het ganse tracé van de boring naadloos kan worden geplaatst. Dichtheid is m.a.w. gegarandeerd. Courante diameters variëren van 32mm tot en met 630mm.

2. Beschrijving van het systeem

2.1 Materieellijst

- * boorunit
- * mengunit
- * pilootbuis
- * boorkop met snijmessen of spuitjet
- * boorstang
- * ruimer
- * wartellager

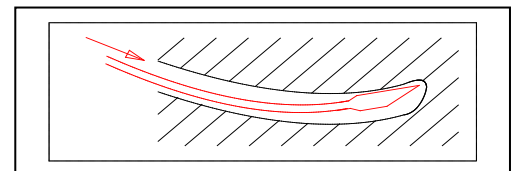
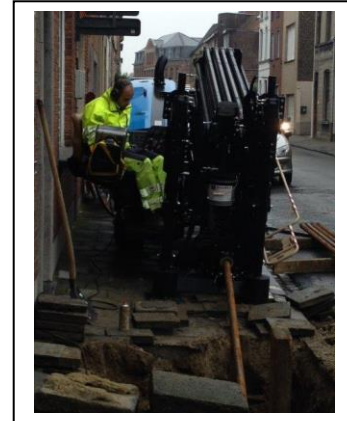
2.2 Beschrijving van de toepassing

Het maken van de pilootboring

Het leggen van een leiding door middel van een gestuurde boring bestaat uit 3 stadia

1. De pilootboring
2. Het ruimen van het boorgat
3. Het trekken van de leiding

Het maken van de pilootboring is veruit de belangrijkste stap, aangezien deze fase het uiteindelijke tracé van de leiding bepaalt.

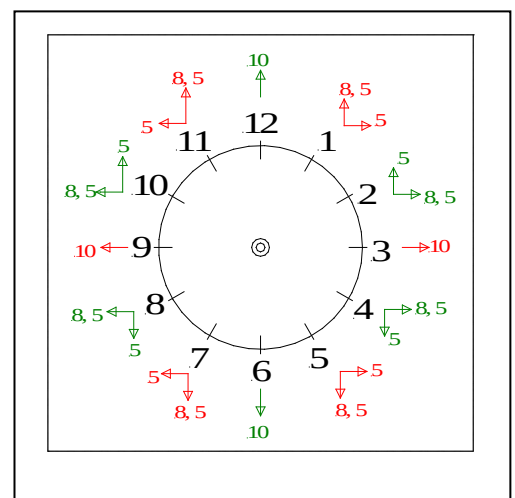


Bij de pilootboring staat op het einde van de spoelbuizen een boorkop met jet. Op de boorkop staat een "stuurplaat".

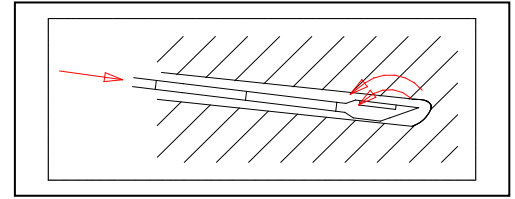
Door het draaien van de stuurplaat zal de boorkop verschillende richtingen uitgaan

Door de stuurplaat in een bepaalde richting te zetten, zal de boorkop volgen. De figuur hierboven illustreert hoe de stuurplaat (schuin vlak aan de boorkop) de boorkop naar boven stuurt.

Door het 90° links of rechts of 180° draaien van de stangen zal de boorkop "onbeperkt" kunnen gestuurd worden. Zo kunnen bepaalde hindernissen ontweken worden. De stand van de boorkop wordt weergegeven op een "klok" die via het meetsysteem zichtbaar wordt voor de boorder.



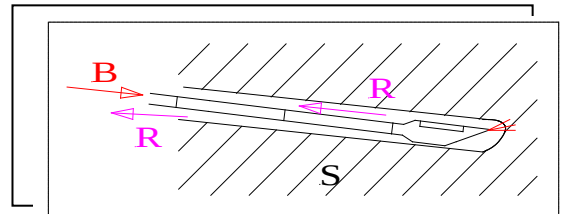
Door de stangen doorlopend te laten roteren zal de boorkop gewoon rechtdoor gaan en niet van richting veranderen.



Bij de pilootboring is het belangrijk dat er voldoende bentoniet aanwezig is zodat men een mooi boorgat krijgt om zo de volgende stappen gemakkelijker te laten verlopen.

Op deze figuur ziet men hoe de jet vooraan de boorkop het zand losmaakt en door middel van de boorvloeistof het zand uit het gat drijft.

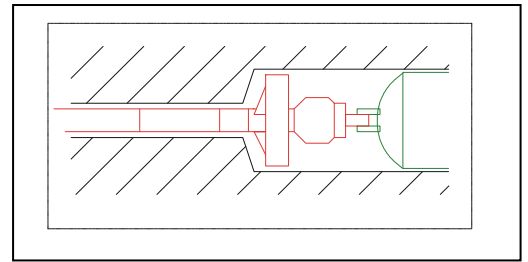
B= Boorvloeistof S=Grond R=Retourvloeistof (= B+S)



Ruiming van het boorgat

Na de pilootboring wordt door middel van een "ruimer" het boorgat groter gemaakt zodat de te plaatsen buis getrokken kan worden.

Bij het laatste ruimingsstadium wordt de buis door middel van een "swivel" aan de ruimer vastgemaakt en mee in het boorgat getrokken. De swivel heeft tot doel de buis niet te laten roteren.



Bij het ruimen is het belangrijk de berekende ruimingstijd te respecteren, deze wordt berekend aan de hand van de te transporteren grondhoeveelheid en de capaciteit van de pomp die de bentoniet verpompt. Bij het te snel vorderen tijdens het ruimen kunnen er zandophopingen ontstaan omdat de snelheid van het spoelmengsel lager wordt dan de snelheid nodig om zand te transporteren

Intrekken van de definitieve leiding

De productleiding wordt in de laatste fase achter de ruimer gekoppeld en in het boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de operatie geheel gevuld met de boorspoeling. Tussen de ruimer en de productleiding wordt een wartellager gemonteerd om torsie (rotatie) van de definitieve leiding te voorkomen.

Nadat de productleiding in het boorgat is getrokken is de boring voltooid en kan de koppeling met opwaartse en afwaartse randvoorzieningen geschieden.

3. Overzicht materiaal

	HDPE
Norm	NBN EN 13244
Min. Sterktereeks	SDR 17
Materiaaleigenschappen:- buis	PE80 of PE100
- mof	--- (spiegellasverbinding)
- rubberring	---
Mof	---
Plaatsing dichtingsring	---
Tussendrukstation	o
Doorpersingen in bocht	+
Injectiegaten	o
Buislengte (afh.van diam. en leverancier)	6m - 12m - haspel (50m - 100m)
Diameters (DN) - Max.Perskracht*	trekkracht $F_t = \text{trekspanning} \times \text{buisoppervlak}$ $\text{Buisoppervlak} = ((D_u^2 - D_i^2) \times 3,14) / 4$ $F_t = \text{toelaatbare trekkracht in langsrichting}$ Trekspanning: PE80 = 8N/mm²; PE100 = 10N/mm² $D_u = \text{uitwendige buisdiameter}$ $D_i = \text{inwendige buisdiameter}$
Toepasbaar voor Boortechneik	Horizontal Directional Drilling – zie hoger