



bolegbo-vok

vereniging van boor-, kabelleg-
en buizenlegbedrijven



NEDERLANDSE VERENIGING VOOR
SLEUFLOZE TECHNIEKEN EN TOEPASSINGEN

RISICOBEBEERSING SLEUFLOZE TECHNIEKEN VOOR ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR

INVENTARISATIE VAN BOORRISICO'S

RISICOBEBEERSING SLEUFLOZE TECHNIEKEN VOOR ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR INVENTARISATIE VAN BOORRISICO'S



juni 2003

NSTT
Smederijstraat 2
4814 DB Breda

Postbus 3196
4800 DD Breda

tel. (076) 5302315
fax. (076) 5302335

ISBN 90-804248-4-6

Bolegbo-vok
Stavorenweg 3a
2803 PT Gouda

Postbus 474
2800 AL Gouda

tel. (0182) 567388
fax. (0182) 567383

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE	1
SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	4
Opdracht en doelstelling	4
Afbakening werkgebied	4
Samenstelling werkgroep	4
Werkwijze	5
2. FASERING BOORPROJECTEN	6
2.1 Projectvoorbereiding	6
2.2 Werkvoorbereiding uitvoeringsfase	8
2.3 Uitvoeringsfase	11
2.4 Afwerking	12
2.5 Conclusie	13
3. RISICO'S PER TECHNIEK	14
3.1 Horizontaal gestuurd boren: maxi / midi-boringen	14
3.2 Horizontaal gestuurd boren: mini-boringen	15
3.3 Buisdoorpersingen: gesloten frontboringen (schildboringen)	16
3.4 Buisdoorpersingen: Open frontboringen (avegaar)	17
3.5 Verticale boringen	17
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19
4.1 Conclusies	19
4.2 Aanbevelingen	19
BIJLAGE 1: RICHTLIJNEN VOOR GEOTECHNISCH ONDERZOEK	22
BIJLAGE 2: SPECIFIEKE RISICO'S VAN GESTUURDE BORINGEN	27
1 projectvoorbereiding	27
2 werkvoorbereiding uitvoeringsfase	27
3 uitvoeringsfase: pilotboring	27
4 uitvoeringsfase: ruimen en intrekken	30
4 afwerking	32
BIJLAGE 3: SPECIFIEKE RISICO'S VAN GESLOTEN FRONTBORINGEN	33
1 projectvoorbereiding	33
2 werkvoorbereiding uitvoeringsfase	34
3 uitvoering	35
4 afwerking	36

BIJLAGE 4: SPECIFIEKE RISICO'S VAN OPEN FRONTBORINGEN..... 37

1	projectvoorbereiding / werkvoorbereiding	37
2	uitvoering	37
3	afwerking	38

BIJLAGE 5: SPECIFIEKE RISICO'S VAN RAKETBORINGEN 39

1	projectvoorbereiding / werkvoorbereiding	39
2	uitvoering	39
3	afwerking	39

SAMENVATTING

Het voorliggende rapport "Risicobeheersing sleufloze technieken voor ondergrondse infrastructuur – Inventarisatie boorrisico's" is geschreven door een werkgroep bestaande uit vertegenwoordigers van de Nederlandse Vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen (NSTT) en de vereniging van grondboor-, kabelleg- en buizenlegbedrijven Bolegbo-vok.

Teneinde te komen tot een betere beheersing van risico's heeft de werkgroep de risico's geïnventariseerd die verbonden zijn aan het toepassen van boortechnieken voor de aanleg van ondergrondse leidingeninfrastructuur. Door deze inventarisatie wordt een beter inzicht verkregen in deze risico's. Deze inventarisatie kan als basis worden gebruikt voor verder onderzoek naar een betere beheersing en reductie van de risico's bij het boren.

Het rapport is opgebouwd uit vier hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk geeft de aanleiding tot en de achtergrond van de inventarisatie, alsmede de samenstelling en werkwijze van de werkgroep.

In het tweede hoofdstuk worden de fasen van een boorproject geschetst. Het betreft de fasen:

- projectvoorbereiding
- werkvoorbereiding van de uitvoeringsfase
- uitvoeringsfase
- afwerking

Per fase worden de algemene risico's in kaart gebracht. Veelal blijken dit risico's te zijn, waarbij de gebeurtenis plaats vindt in de ene fase terwijl de gevolgen zich manifesteren in een volgende fase. Uit dit hoofdstuk komt duidelijk naar voren dat menselijk handelen een belangrijke risicofactor is. De risico's die in hoofdstuk twee geschetst worden gelden in principe voor alle boorprojecten, ongeacht de gebruikte boortechniek. De fasering die aan deze algemene inventarisatie ten grondslag ligt, wordt dan ook gebruikt in de volgende hoofdstukken.

Hoofdstuk drie gaat dieper in op de specifieke risico's die horen bij de diverse sleufloze technieken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar horizontaal gestuurd boren, buisdoorpersingen en verticale boortechnieken. Een meer uitgebreide beschrijving van de risico's wordt gegeven in de bijlagen. Met betrekking tot de gestuurde boringen wordt een onderscheid gemaakt tussen maxi/midi-boringen en mini-boringen. Waar in het eerste geval vooral sprake is van risico's voortvloeiend uit de onbekendheid met ontwerp en ondergrond en met de procesmatige afstemming op de geotechnische situatie, blijkt bij de miniboringen tevens de lage commerciële drempel risico-verhogend te zijn. Ook de risico's van buisdoorperstechnieken vloeien veelal voort uit de onbekendheid van de samenhang tussen ondergrond, ontwerp, bestek en uitvoering. De gesloten front boringen krijgen hierbij veel aandacht. De open frontboringen en de raketboringen kennen een aantal gelijke risico's als de gesloten frontboringen. Toch zijn er ook risico's die specifiek horen bij deze technieken. Met name het grondwater is hierbij een relevante risicofactor. Hoewel verticale boortechnieken (bijvoorbeeld voor de waterwinning) niet gebruikt worden om een leidingeninfrastructuur aan te leggen, zijn zij wel degelijk relevant. De risico's die hier spelen vertonen veel gelijkenis met die van de maxi-boringen. Kennis van de ondergrond en van de toe te passen technieken zijn van groot belang.

Het laatste hoofdstuk bevat de conclusies van de werkgroep. Daarnaast heeft de werkgroep gemeend een aantal aanbevelingen te moeten doen.

Veel risico's zijn een gevolg van onvolledig geotechnisch onderzoek of onnauwkeurig ontwerp. Ook de overdracht van gegevens tussen de verschillende projectfasen is een punt van zorg. Meer overleg zou hierbij kunnen helpen. Hierbij moet gezegd worden dat veel afhangt van de opgelegde tijdsdruk. Met het toenemen van deze druk neemt ook de kans op fouten toe.

Kennis van de ondergrond is zowel bij het ontwerp als bij de uitvoering van groot belang. De procesparameters moeten op de eigenschappen en het gedrag van de grond worden afgestemd. Hiervoor is kennis en ervaring nodig bij de boormeester. Inzicht in de gedragingen van bijvoorbeeld boorspoeling in relatie tot de grondsoort en het type boring kan bijdragen tot het reduceren van de risico's. Daarbij is een monitoring van de diverse boorparameters tijdens de uitvoering onontbeerlijk.

1. INLEIDING

Opdracht en doelstelling

In de afgelopen decennia is het aanleggen van ondergrondse buisleidingen en kabels met behulp van boortechnieken in Nederland sterk toegenomen. Aan het werken in het ondergrondse kleven echter risico's die onder meer voortkomen uit onbekendheid met verscheidene onderdelen van (1) het boorproces, (2) de essentie van betrokken natuurkundige processen, (3) de aanlegtechnieken en (4) de invloeden op de directe omgeving.

Behalve dat problemen die bij het boren optreden door voornoemde onbekendheden nu niet altijd goed kunnen worden verklaard, ontbreekt daardoor ook de mogelijkheid om adequaat in te grijpen, te sturen en op problemen te anticiperen. Er ontbreekt nog een stuk fundamenteel inzicht in de processen die zich bij het boren in de ondergrond afspelen.

Dit leidt er toe dat boortechnieken voor het sleufloos aanleggen van buisleidingen en kabels met terughoudendheid worden bekeken feitelijk op grond van onbegrip en onbekendheid en wordt de potentiële waarde van deze oplossingen niet tot volle ontplooiing gebracht. Het is van maatschappelijk belang als in de toekomst sleufloze technieken meer en meer toegepast worden, waarbij de vraag naar het toepassen van grotere diameters en grotere lengtes steeds groter wordt.

Zowel voor de opdrachtgevende als de opdrachtnemende partijen is het derhalve van belang dat: - de risico's van de sleufloze technieken beter beheersbaar en daarmee verminderd kunnen worden, - de veiligheid nog verder wordt vergroot, - de beheersbaarheid en bestuurbaarheid van het aanlegproces verder wordt verbeterd en – een verdiepte proceskennis verdere openingen gaat bieden voor innovaties en meer toepassingsmogelijkheden.

De Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassing (NSTT) en de Vereniging van Boor-, Kabelleg- en Buizenlegbedrijven Bolegbo-vok hebben in een gezamenlijke werkgroep geprobeerd een risico-inventarisatie voor sleufloze technieken te maken. Het uiteindelijke doel was om te komen tot een beter inzicht in en daardoor vermindering van de risico's bij de diverse sleufloze technieken.

Afbakening werkgebied

De taak van de werkgroep is het inventariseren van risico's bij het uitvoeren van de boorprojecten voor de aanleg van leidinginfrastructuur. Daarnaast is geprobeerd om daar waar mogelijk aan te geven hoe de risico's eventueel verminderd kunnen worden. De type boringen die hierbij aan bod komen, zijn de horizontaal gestuurde boringen (maxi/midi rigs en mini rigs) en de buisdoorpersingen (schildboringen, avegaarboringen en raketboringen). Een speciale plaats nemen de verticale boringen in. Deze techniek is weliswaar niet gericht op het sleufloos aanleggen van kabels en buisleidingen, maar kent wel veel gelijke risico's.

De risico-inventarisatie is verricht voor sleufloze technieken ten behoeve van de aanleg van leidinginfrastructuur. Dit ter onderscheid van de grote tunnels voor rail- en wegverkeer.

Tijdens de inventarisatie is uitgegaan van een werkwijze waarin een geotechnisch onderzoek, het bestek en het ontwerp geleverd worden door de opdrachtgever. Dit sluit dus contracten op "design en construct" basis en op "turn-key" basis uit. Uiteraard treden bij dergelijke contracten nagenoeg dezelfde risico's op, maar liggen de verantwoordelijkheden uit de aard der contracten anders.

Samenstelling werkgroep

De werkgroep is zo breed mogelijk samengesteld. De samenstelling van de werkgroep is als volgt: namens de NSTT:

Ir. H.J.A.M. Hergarden (GeoDelft), voorzitter
Ir. G. Arends (Technische Universiteit Delft)
W. Kersjes (A. Hak Nederland BV)
H. van der Stoel (assurantie-adviseur boorprojecten)

namens Bolegbo-vok:

Ing. F.S. Heinis (De Ruiters Boringen en Bemalingen BV / Lankelma BV)
Ing. G.H. Snikkenburg (Visser en Smit Hanab BV)
Ing. C.J. Zeijlmeijer (Vermeer Leidingen BV/3D-Drilling)
Ir. J.F. de Boer (Bolegbo-vok), secretaris/rapporteur

Werkwijze

Na de inleiding is in het tweede hoofdstuk een fasering van het boorproject ingevoerd. Dit zijn de projectvoorbereiding, de werkvoorbereiding uitvoeringsfase, de uitvoeringsfase en de afwerking. Het commerciële voortraject (bijvoorbeeld de aanbidding en de prijsonderhandelingen) is daarbij niet in ogenschouw genomen. De fasering is ingevoerd om op een efficiënte wijze de risico's te kunnen inventariseren.

In de daarop volgende hoofdstuk is er per boortechniek voortgeborduurd op de algemene risico-inventarisatie. Hierbij zijn in vogelvlucht per boortechniek de bijbehorende specifieke risico's uitgewerkt. In de bijlagen zijn de risico's verder uitgewerkt.

Naar aanleiding van de bevindingen van de werkgroep wordt in het vierde hoofdstuk een aantal conclusies getrokken waarbij tevens een aantal aanbevelingen wordt gedaan.

2. FASERING BOORPROJECTEN

Bij de inventarisaties van de risico's die optreden bij toepassing van sleufloze technieken en verticale boringen is uitgegaan van een proces waarvan het ontwerp door de opdrachtgever aangeleverd wordt aan de aannemer. Dit sluit dus contracten op design & construct-basis en turn-key-basis uit. Het in dit kader belangrijkste verschil tussen enerzijds design & construct-contracten en turn-key-opdrachten en anderzijds traditionele contracten is de verdeling van de verantwoordelijkheid voor tekeningen, uitvoering en interpretatie van geotechnisch en historisch onderzoek. Bij traditionele contracten ligt deze voornamelijk bij de opdrachtgever, terwijl bij de moderne contracten deze verantwoordelijkheid bij de aannemer ligt.

In het hoofdstuk is een boorproject opgedeeld in een aantal fasen met elk eigen risico's. De volgende fasen zijn onderscheiden:

- fase 1: projectvoorbereiding
- fase 2: werkvoorbereiding uitvoeringsfase
- fase 3: uitvoeringsfase
- fase 4: afwerking

Op papier is deze scheiding goed te maken, in de praktijk kunnen de verschillende fasen elkaar overlappen. Het is van belang om te onderkennen dat risico's in de ene fase de gebeurtenissen in een volgende fase kunnen beïnvloeden.

Dit leidt tot de volgende formule:

$$BO = f(PV, WE, BU, AF)$$

waarin:

- | | | | |
|---|----|---|--------------------------------|
| - | BO | = | kwaliteit boorproject |
| - | PV | = | kwaliteit projectvoorbereiding |
| - | WE | = | kwaliteit werkvoorbereiding |
| - | BU | = | beheersing uitvoeringsfase |
| - | AF | = | kwaliteit afwerking |

In de volgende paragrafen wordt de bovenstaande fasering nader uitgewerkt.

2.1 Projectvoorbereiding

In de fase van projectvoorbereiding worden de volgende vijf onderdelen onderscheiden:

geotechnisch onderzoek
historisch onderzoek
ontwerp van de boring
vergunningen
bestek en tekeningen

ad 1. geotechnisch onderzoek

Bij een geotechnisch onderzoek wordt de grond onderzocht waarin de geplande boring zal worden uitgevoerd. Hierbij wordt onder andere gekeken naar het verloop van de te onderscheiden grondlagen, de samenstelling en eigenschappen van deze grondlagen, het grondwaterpeil en de stijghoogten van het grondwater in de aanwezige watervoerende lagen, etc.. Het onderzoek wordt uitgevoerd onder de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever door een gespecialiseerd adviesbureau. De resultaten van het grondonderzoek dienen een onderdeel van het bestek te zijn. Als risico's voor het boorproces die geotechnisch onderzoek met zich mee brengt, kunnen worden genoemd:

- er is onvoldoende of onjuiste informatie over het verloop en de samenstelling van de grondlagen in het boortracé;
- de verkenning van de ondergrond reikt niet diep genoeg;
- er is onvoldoende of onjuiste informatie over grondwaterstanden en – stijghoogten
- de uitkomsten van het geotechnisch onderzoek worden foutief geïnterpreteerd;
- er wordt geen of onvolledige informatie over aanwezige bodemverontreiniging gegeven.

Als richtlijn voor de omvang van het geotechnisch onderzoek voor horizontale boringen en buisdoorpersingen wordt verwezen naar bijlage 1.

Het onderzoek in het terrein bestaat veelal uit sonderingen en boringen. Doormiddel van peilbuizen kan de stijghoogte van het grondwater in de watervoerende lagen worden bepaald. Informatie hierover is van groot belang ten aanzien van het opbarsten van een pers- en ontvangstkuip, het lekken van een dichtblok of stabiliteit van een boorgat bij horizontaal gestuurde boringen. Ter voorkoming van kwel langs een geboorde leiding is de informatie over stijghoogten ook van belang.

De extra kosten van grondonderzoek om de stijghoogte van het grondwater te bepalen zijn relatief gering en wegen zeker op tegen de vermindering van het risico.

Het geotechnisch onderzoek wordt uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van de opdrachtgever. Het resultaat hiervan vormt de basis van het ontwerp. Voor de uitvoering van het boorproject is het echter ook van groot belang dat de resultaten van het grondonderzoek beschikbaar zijn.

De oorsprong van de risico's voortkomend uit het geotechnisch onderzoek liggen in eerste instantie dan ook bij de opdrachtgever. De UAV stelt hierover dat de opdrachtgever verantwoordelijk is voor de ondergrond.

Bij twijfel over de juistheid en / of volledigheid van het geotechnisch onderzoek, dient de aannemer dit te melden bij de opdrachtgever. Hierbij kan de interpretatie van de uitkomsten van het onderzoek altijd een punt van discussie zijn.

ad 2. historisch onderzoek

De aanwezigheid van obstakels in het boortracé kan leiden tot langdurige vertragingen en zelfs tot het volledig mislukken van een boorproject. Dit geldt zeker voor onverwachte obstakels in de ondergrond. Vooraf grondig onderzoek naar de mogelijke aanwezigheid van obstakels door middel van historisch onderzoek kan veel problemen besparen.

Een essentieel onderdeel van het onderzoek is de melding van voorgenomen werkzaamheden bij het Kabel en Leiding InformatieCentrum, de zogenaamde KLIC-melding. Vanuit het KLIC wordt vervolgens aangegeven welke ondergrondse infrastructuur ter plaatse reeds aanwezig is.

ad 3. ontwerp van de boring

Het ontwerp van de boring geeft de technische specificaties aan de hand waarvan een aannemer de boring moet uitvoeren. Het ontwerp wordt doorgaans gemaakt door de opdrachtgever zelf of door een adviesbureau in opdracht van de opdrachtgever. De specificaties worden vervolgens door middel van een bestek door de opdrachtgever aangereikt aan de aannemer. Deze specificaties kunnen allerlei zaken betreffen: boorprofiel, materiaalkeuze, dimensionering van de leidingen, etc.. Onjuiste specificaties kunnen leiden tot grote risico's tijdens de uitvoering van het boorproces. Voorkomende algemene risico's hierbij zijn o.a.:

- onjuiste dimensionering leidingen;
- onjuiste materiaalkeuze;
- onbekendheid met / niet voldoen aan voorschriften en vergunningseisen van overheden;
- geen of onvolledig historisch onderzoek uitgevoerd → obstakels in boortracé;
- onjuist boorprofiel.

Het ontwerp en de specificaties komen tot stand op basis van diverse berekeningen. Gezien het belang van deze berekening, zou een opdrachtgever zoveel mogelijk informatie (bijvoorbeeld (concept-)berekeningen) aan de potentiële aannemers moeten verstrekken. Hiermee kan een aannemer bepalen hoe hij het ontwerp in praktijk wil uitvoeren. Daarnaast kan hij het ontwerp op juistheid, volledigheid en uitvoerbaarheid beoordelen voor zover dat binnen zijn mogelijkheden en taken ligt.

De opdrachtgever of de ontwerper is primair verantwoordelijk voor de gevolgen van in het ontwerp geïntroduceerde risico's. Onduidelijk is in hoeverre de verantwoordelijkheid voor het ontwerp naar de aannemer overgaat bij acceptatie van het ontwerp. Dit neemt niet weg dat de aannemer het ontwerp moet controleren alvorens hij de opdracht en ontwerp accepteert. Bij twijfel over de juistheid van het ontwerp moet de aannemer dit dan ook tijdig kenbaar maken. De aannemer wordt aangeraden om hiertoe een checklist voor het ontwerp te hanteren.

Bij het ontbreken van tekeningen en ontwerp (met name bij kleinere boringen) is al snel sprake van "design and construct". Verantwoordelijkheden kunnen dan ongewild bij de aannemer komen te liggen.

ad 4. vergunningen

Voordat met boren wordt begonnen dienen alle benodigde vergunningen zijn verkregen. Het ontbreken van vergunningen kan tot grote vertragingen leiden. Het verdient aanbeveling om in een vroeg stadium in contact te treden met alle vergunningverlenende instanties, zodat met alle eisen van deze instanties reeds vanaf het begin rekening gehouden kan worden. Daarnaast is het in een vroeg stadium aanvragen van de benodigde vergunningen essentieel als het gaat om voorkomen van vertraging van het werk. Het ontbreken van de vergunningen kan zeer veel tijd kosten.

ad 5. bestek en tekeningen

Het bestek geeft aan welke werkzaamheden uitgevoerd moeten worden en op welke wijze dit moet gebeuren (methode, tijd, materiaal, etc.). De tekeningen geven onder andere aan welke tracé's gevolgd moeten worden en hoe de situatie ter plaatse is.

De inhoud van bestek en tekeningen vloeit voort uit het grond- en historisch onderzoek en uit het ontwerp. Hiermee wordt nogmaals het belang van goed onderzoek en ontwerp benadrukt.

Zowel de tekeningen als het bestek worden aangedragen door de opdrachtgever. De aannemer moet hierop zijn werkplannen baseren.

Onderdelen uit bestek en tekeningen die kunnen leiden tot onnodige risico's zijn onder andere:

- onvolledige omschrijving van uit te voeren werkzaamheden;
- fouten in dimensionering;
- onvolledige gegevensverstrekking;
- onredelijke eisen m.b.t. tijdsplanning → snelheid gaat vaak ten koste van kwaliteit;
- onvolledige of verouderde overzichtstekeningen;
- onvolledige situatietekeningen;
- onjuiste of onvoldoende informatie over obstakels in boortracé:
 - historisch onderzoek onvoldoende;
 - onjuiste informatie aanwezige kabels en leidingen.

De bovengenoemde onderdelen worden meestal opgelegd aan de aannemer door de opdrachtgever. Acceptatie van het bestek en tekeningen door de aannemer betekent in feite acceptatie van de risico's voortvloeiend uit bestek en tekeningen. De aannemer zal, voor de acceptatie van de opdracht, deze risico's goed moeten inschatten en conditioneren.

conclusie

Tijdens de projectvoorbereiding zijn er een groot aantal zaken die een risico kunnen introduceren voor de rest van het proces. De belangrijkste parameters voor de projectvoorbereiding zijn een goed geotechnisch onderzoek, een goed ontwerp en een goed bestek. Onder "goed" wordt in dit verband ook verstaan de volledigheid en de interpretatie van het een en ander.

In formulevorm kan de projectvoorbereiding als volgt worden samengevat:

$$PV = f(GO, ON, BE)$$

waarin:

- | | | | |
|---|----|---|--|
| - | PV | = | kwaliteit projectvoorbereiding |
| - | GO | = | kwaliteit geotechnisch en historisch onderzoek |
| - | ON | = | kwaliteit en realiseerbaarheid ontwerp |
| - | BE | = | redelijkheid en haalbaarheid bestek |

Zoals het woord "projectvoorbereiding" al aangeeft, is het van groot belang voor het vervolg van het project. De fase van projectvoorbereiding verdient dan ook veel aandacht.

2.2 Werkvoorbereiding uitvoeringsfase

Na afronding van de projectvoorbereiding (aanbestedingsfase) begint de werkvoorbereiding. Deze fase is de brug tussen de aanbesteding en de uitvoering.

De werkvoorbereidingsfase kan gezien worden als een zeef, waar d.m.v. verificatie eventuele fouten vanuit de projectvoorbereiding worden opgemerkt en nog niet onderkende risico's worden opgespoord.

De resultaten van de werkvoorbereiding worden gebruikt tijdens de uitvoeringsfase, waardoor onvolkomenheden uit de werkvoorbereiding voor problemen kunnen zorgen bij de uitvoeringsfase.

relatie projectvoorbereiding – werkvoorbereiding

Door de nauwe relatie tussen projectvoorbereiding en werkvoorbereiding is het van belang om de belangrijkste items uit de beide fasen te onderscheiden.

In een ideale projectvoorbereiding-fase verricht de aannemer de volgende activiteiten:

- verificatie bestekstukken;
- calculatie;
- technische berekeningen;
- verificatie werkterrein en ondergrond;
- maken van een risico-inventarisatie;
- plan van aanpak opstellen;
- opstellen van de aanbidding, waarin alle risico's en/of commerciële aspecten aan de orde dienen te komen, afhankelijk vaak van de verhouding met de opdrachtgever en de te verwachten concurrentie;
- afsluiten van het contract.

Indien de projectvoorbereiding volledig is doorlopen blijft er in de werkvoorbereiding nog over:

- verificatie aanbidding
- aanlevering gegevens uitvoering
- verificatie vergunningen.

In het linkerschema van figuur 1 is het beeld van de ideale aanbidding gegeven. Te zien is dat in het traject "projectvoorbereiding – werkvoorbereiding" alle onderdelen keurig zijn geplaatst in de fase waar ze thuis horen.

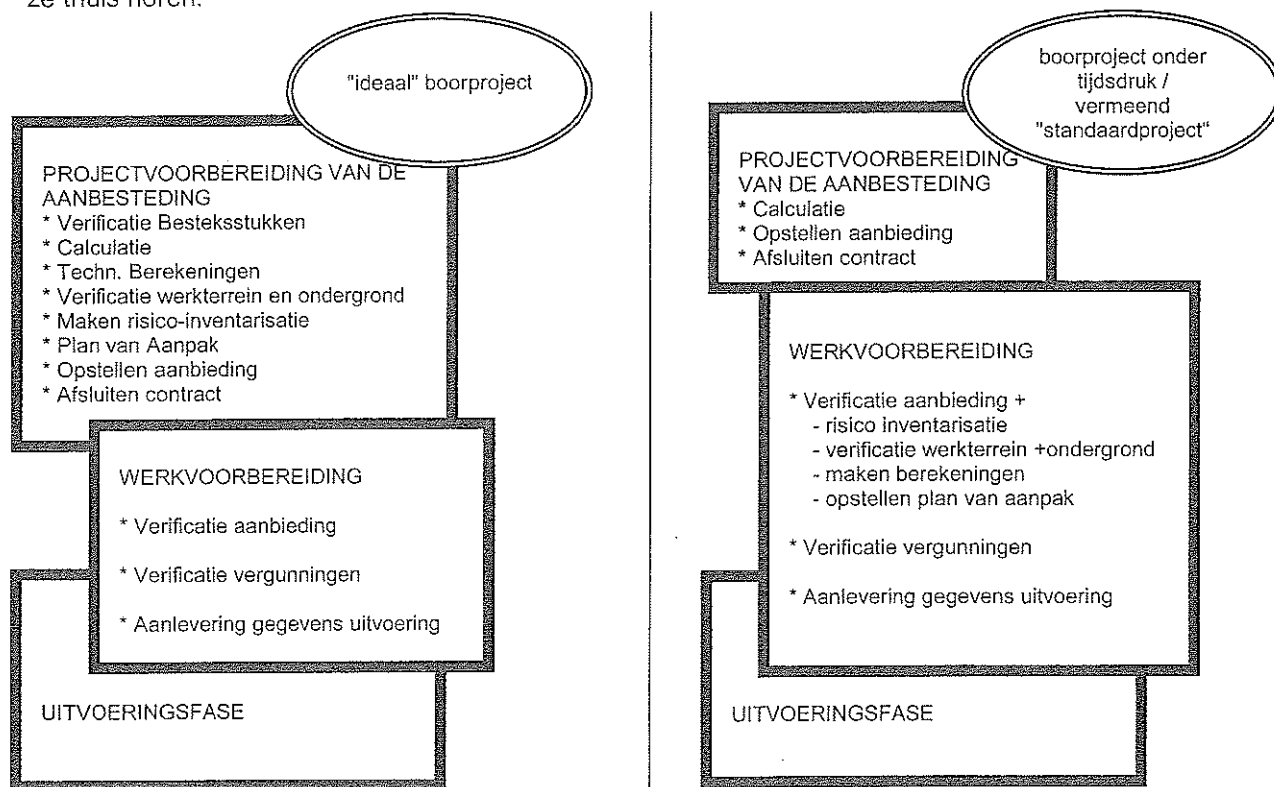


fig. 1: gevolgen van de projectvoorbereidingsfase voor de werkvoorbereidingsfase. (links: ideaal boorproject, rechts project onder tijdsdruk of vermeend standaardproject).

Door verschillende omstandigheden is er echter lang niet altijd sprake van een ideale aanbidding. In zo'n situatie verschuiven er werkzaamheden van de projectvoorbereiding naar de werkvoorbereiding. Op dat moment kan een situatie ontstaan als in het rechterschema van figuur 1. In deze schets moeten bij het verifiëren van de aanbidding nog vele zaken geregeld worden: inventariseren risico's,

opstellen plan van aanpak, maken van berekeningen en verifiëren van werkterrein en ondergrond. Stuk voor stuk zaken die eigenlijk al in de projectvoorbereiding afgerond hadden moeten worden.

De belangrijkste factoren waarom een aanbidding geen ideaalbeeld te zien geeft zijn:

1. tijdsdruk
2. menselijke factor
3. communicatie

ad 1. tijdsdruk

Regelmatig wordt een aannemer geconfronteerd met opdrachten die het predikaat "spoedklus" dragen. Onder de hiermee geïntroduceerde tijdsdruk wordt een aantal activiteiten in de projectvoorbereiding achterwege gelaten. Dit dient later in de werkvoorbereidingsfase alsnog te worden uitgevoerd (zie fig. 1).

Nog erger wordt het als het project niet alleen in de projectvoorbereiding, maar ook in de werkvoorbereiding onder tijdsdruk staat, populair gezegd: "**Vandaag opdracht, morgen beginnen, overmorgen klaar**". In dat geval zullen de omissies van de projectvoorbereiding niet voldoende behandeld kunnen worden én zullen vanuit de werkvoorbereiding nog eens extra risico's in het proces geïntroduceerd worden.

De tijdsdruk introduceert zo een grote kans op het ontstaan van onnodige onvolkomenheden die later het eigenlijke boorproces kunnen opbreken. De verantwoordelijkheid voor deze risico's is een zaak van zowel opdrachtgever (die de tijdsdruk door bestekseisen introduceert) als de aannemer (die de risico's tijdens de projectvoorbereiding moet signaleren).

Een mogelijke oplossing voor het tijdsprobleem kan zijn het werken met vaste verificatie-lijsten. Dit kan echter op den duur routinewerk worden, waardoor (de vaak cruciale) afwijkingen van "standaardsituaties" niet meer opgemerkt worden, met alle gevolgen van dien.

De enige echte oplossing is het uitbannen van de tijdsdruk. Hoewel een stap in deze richting gedaan kan worden door goed overleg tussen opdrachtgever en aannemer, blijft het volledig uitbannen van de tijdsdruk een utopie.

ad 2. menselijke factor

Het zal duidelijk zijn dat in de werkvoorbereiding een grote mate van inschatting capaciteit (lees ervaring en betrokkenheid) van de werkvoorbereider aanwezig moet zijn. Enerzijds om te bepalen welke verificaties nog te doen zijn, anderzijds om deze verificaties op correcte wijze uit te voeren. De "**menselijke factor**" vormt daarmee één van de grootste risico's in de werkvoorbereidingsfase.

De capaciteiten en ervaring van een werkvoorbereider zijn primair een taak van de aannemer. De gevolgen van fouten die door de werkvoorbereider zonder toereikende capaciteiten en ervaring geïntroduceerd worden in het proces, vallen dan ook onder de verantwoordelijkheid van een aannemer.

Om de kans op fouten door menselijke handelingen te verminderen zal een opdrachtgever zijn projecten dan ook moeten gunnen aan een gekwalificeerde aannemer met voldoende ervaren personeel en goede procedures.

ad 3. communicatie

Na het uitvoeren van alle verificaties wordt het gehele project "panklaar" overgedragen aan de uitvoering. Het project komt daarmee in de uitvoeringsfase.

Een van de grootste risico's bij de overdracht is dat relevante gegevens niet worden doorgespeeld naar de uitvoering cq boormeester. Een belangrijke reden hiervoor is dat relevante informatie niet altijd op de juiste waarde geschat wordt. Er treedt hier dus een communicatieprobleem op.

De communicatie tussen werkvoorbereider en uitvoerder / boormeester is primair een zaak van de aannemer. De gevolgen van gebrekkige communicatie tussen werkvoorbereiding en uitvoering, zijn dan ook voor de aannemer.

De opdrachtgever doet er goed aan om zijn werken uit te laten voeren door een aannemer met regelmatig getoetste procedures.

mogelijke maatregelen

Om risico's die tijdens de werkvoorbereiding geïntroduceerd worden zo veel mogelijk te voorkomen, zal de werkvoorbereiding via vaste patronen uitgevoerd moeten worden. Deze patronen kunnen ondersteund worden door een verificatielijst, waarin stap-voor-stap alle controles en activiteiten zijn vastgelegd. Hoofdpunten uit een dergelijke verificatielijst kunnen zijn:

- controle van alle berekeningen en tekeningen;

- interpretatie en toetsen van het grondonderzoek met de boormeester;
- het doen van een KLIC melding en de vertaling hiervan in het boorplan;
- toetsen van risico-inventarisatie;
- maken van een gedetailleerd boorplan;
- het houden van een kick-off meeting met uitvoering en boormeester en het kenbaar maken van de risico's aan de uitvoering en de boormeester;
- schriftelijke overdracht van gegevens.

Bovenstaande punten betreffen in principe de organisatie van de aannemer. Naarmate de aannemer betere procedures heeft en zich daar aan houdt, zullen de risico's uit de werkvoorbereiding afnemen. *Deze procedures zijn vaak reeds opgenomen in het kwaliteitssysteem van de aannemer.*

Conclusie

Concluderend kan men stellen dat er tijdens de werkvoorbereiding geen nieuwe activiteiten plaatsvinden die extra risico's introduceren. Wel kunnen door het nalaten van checks en onzorgvuldige en onvolledige communicatie problemen ontstaan.

Daar de functie van de werkvoorbereiding nauw samenhangt met de input uit de projectvoorbereidingfase is de kwaliteit van de projectvoorbereiding zeer belangrijk.

Daarnaast kunnen onder tijdsdruk en niet-beschikbaarheid van geschikt materieel of vakbekwame mensen beslissingen genomen worden welke de kans op problemen in de uitvoering verhogen. Echter bij goede communicatie kan men dan over **aanvaardbare** risico's spreken.

In een formule wordt dit weergegeven met:

$$WE = f(PV, PR, TD, ER)$$

waarin:

- WE	=	kwaliteit werkvoorbereiding
- PV	=	kwaliteit projectvoorbereiding
- PR	=	procedures
- TD	=	tijdsdruk
- ER	=	ervaring personeel

Voor de werkvoorbereiding lijkt de kwaliteit van het bedrijf en van het personeel dus bepalend. Het verdient daarom aanbeveling dat een opdrachtgever in zee gaat met een aannemer die aantoonbaar beschikt over een goed functionerend kwaliteitssysteem.

2.3 Uitvoeringsfase

Bij de uitvoering is de aannemer de meest betrokken partij. De procesvoering en daarmee de risico-beheersing van de uitvoeringsfase is dan ook meestal een zaak van de aannemer. Hij is echter wel afhankelijk van hetgeen hem wordt aangeleverd en hem door de opdrachtgever wordt gevraagd. Een en ander is ook sterk afhankelijk onder welke voorwaarden een overeenkomst is aangegaan (bijv. UAV of andere Algemene Voorwaarden).

Tijdens de uitvoeringsfase combineert de aannemer een drietal factoren om tot een geslaagd proces te komen. Deze factoren zijn:

1. mensen
2. materieel & materiaal
3. informatie uit voorgaande fasen

ad 1. mensen

De factor "mensen" staat feitelijk voor kennis over het boorproces en ervaring met het boorproces. Met name de ervaring van de aanwezige mensen is van groot belang. Met die ervaring wordt grondonderzoek geïnterpreteerd, wordt de procesgang geëvalueerd en worden eventuele moeilijkheden van tevoren ingeschat en worden maatregelen genomen door bijvoorbeeld aanpassingen in de procesparameters (boorsnelheid, muddruk, muddebiet, werkwater, etc.).

ad 2. materieel en materiaal

De factor "materieel en materiaal" loopt uiteen van boorkoppen en heiblokken voor damwanden tot ruimers en productpijpen. Al deze zaken dienen in orde te zijn om een goed eindproduct te leveren. Standaard maatregelen om problemen met materieel te voorkomen zijn regelmatige keuringen, periodiek onderhoud en tijdige vervanging. Daarnaast kan in sommige gevallen back-up-equipment eventuele schade beperken. Al deze maatregelen zijn voor verantwoordelijkheid van de aannemer.

Wat betreft materiaal is een kwaliteitskeurmerk van de materialen belangrijk. Dit is een zaak van de opdrachtgever die dit kan voorschrijven. Daarnaast is een zorgvuldige behandeling van de materialen op de bouwplaats de verantwoordelijkheid van de aannemer.

ad 3. informatie uit voorgaande fasen

De verantwoordelijke personen in de uitvoerende fase moeten kunnen vertrouwen op de gegevens die zij aangereikt krijgen. In eerste instantie zullen zij op basis van deze gegevens hun beslissingen nemen en het boorproces gestalte geven.

Het belangrijkste stuk informatie hierbij is het grondonderzoek. Kennis over grondlagen, stijghoogten, etc. bepalen voor een groot deel het in te zetten materieel. Daarnaast worden ook de procesparameters (muddruk, samenstelling boorspoeling) juist op basis van deze gegevens ingesteld. Daarnaast zijn bestek en tekeningen belangrijke documenten. Hierin staat immers het gewenste tracé, de planning etc.

Zowel de informatie over het grondonderzoek als over bestek en tekeningen komen uit de projectvoorbereiding. Mocht de aangereikte informatie uit deze fase onjuist blijken te zijn, dan zal de uitvoerder geen ander middel hebben dan de eigen ervaring om het boorproces toch goed af te ronden en eventuele schade te beperken. De kwaliteit van de projectvoorbereiding is dus van wezenlijk belang in de uitvoering.

Conclusie

Tijdens de uitvoering worden veel nieuwe risico's geïntroduceerd. Voor een deel komen deze voort uit de voorgaande fasen, met name de projectvoorbereiding. Daarnaast komen ze ook voort uit het technische proces en de bijbehorende procesparameters en het gebruik van materiaal en materieel. Een ongestoorde voortgang van het boorproces blijkt vooral af te hangen van de verwachtingen inzake de aan te treffen grondlagen (i.c. het geotechnisch onderzoek). Op basis hiervan bepaalt de uitvoerder uiteindelijk de inzet van materieel en materiaal en de instelling van de procesparameters. In formule is dit:

$$BU = f(PV, M\&M, ER)$$

- | | | | |
|---|-----|---|--------------------------------|
| - | BU | = | beheersing uitvoeringsfase |
| - | PV | = | kwaliteit projectvoorbereiding |
| - | M&M | = | materiaal en materieel |
| - | ER | = | ervaring personeel |

Veel van de genoemde factoren zijn voor de verantwoordelijkheid van de aannemer. Toch kan de opdrachtgever hierin wel sturen, door een ervaren (erkende) aannemer in te huren.

Risicomijding kan ook door nader onderzoek te verrichten inzake de relaties tussen (de verwachtingen omtrent) de aan te treffen grondlagen enerzijds en de procesparameters en materiaal & materieel anderzijds. Deze kennis-vermeerdering kan bijdragen aan een beter begrip van het totale (ondergrondse) boorproces.

2.4 Afwerking

Hoewel de afwerkingsfase pas plaats vindt na de feitelijke boring, is zij een relevant onderdeel van het totale proces. De risico's die tijdens de afwerking optreden behoren dan ook tot het boorproces en dienen als zodanig aandacht te krijgen. Het betreft dan met name het maken van aansluitingen op reeds aangelegde leidingen, het afbreken en opruimen van tijdelijke bouwconstructies (bijv. het trekken van damwanden) en het afdichten van het boorgat. Onzorgvuldigheid in deze gevallen leiden tot verzakking van de aangelegde leidingen of van omgevingselementen, verstoring van de plaatselijke waterhuishouding, etc.

Herstel van dergelijke zaken vergt vaak veel tijd en geld, als herstel al mogelijk is.

2.5 Conclusie

In de inleidende paragraaf van dit hoofdstuk is het totale boorproces verdeeld in een viertal fasen. Hierbij is in formulevorm de relatie tussen de fasen het boorproces weergegeven. In het hoofdstuk zijn de fasen uitgewerkt en zijn de belangrijkste factoren vastgesteld. Vult men dit in in de oorspronkelijke formule, dan krijgt men de volgende relatie:

$$BO = f(PV, WE, BU, AF) \rightarrow$$

$$BO = f(f_{PV}(GO, ON, BE), f_{WE}(PV, PR, TD, ER), f_{BU}(PV, M\&M, ER), AF)$$

waarin:

-	BO	=	kwaliteit boorproces
-	PV	=	kwaliteit projectvoorbereiding
-	WE	=	kwaliteit werkvoorbereiding
-	BU	=	beheersing uitvoeringsfase
-	AF	=	kwaliteit afwerking
-	GO	=	kwaliteit geotechnisch onderzoek
-	ON	=	kwaliteit en realiseerbaarheid ontwerp
-	BE	=	redelijkheid en haalbaarheid bestek
-	PR	=	procedures
-	TD	=	tijdsdruk
-	ER	=	ervaring personeel
-	M&M	=	materiaal en materieel

Uit de verkregen relatie blijkt duidelijk dat de projectvoorbereiding (i.c. grondonderzoek, ontwerp en bestek) een cruciale rol speelt door het hele proces heen. Deze fase zal dan ook veel aandacht moeten krijgen in het totale proces.

Zowel bij de werkvoorbereiding als bij de uitvoering speelt een aantal aannemergebonden aspecten een rol, bijvoorbeeld (administratieve) procedures, beheer van materieel en materiaal en ervaring van het personeel. De eerste twee aspecten kunnen geborgd worden door een kwaliteitsplan. Het in zee gaan met een erkende aannemer biedt meer zekerheid.

De ervaring van het personeel is van wezenlijk belang. De mensen bepalen uiteindelijk de gang van zaken rond het boorproces. Saillant detail is dat deze mensen zich bij hun beslissingen laten leiden door interpretaties van grondonderzoek, ontwerp en bestek, waardoor de projectvoorbereiding ook hier zijn invloed doet gelden.

Een laatste factor, die niet onvermeld mag blijven is de tijdsdruk die zorgt voor veel onzorgvuldigheden door het hele proces heen. De tijdsdruk is bij spoedopdrachten weliswaar niet uit te bannen, maar bij lang geplande werkzaamheden door een eerdere betrokkenheid van de aannemer wel te vermijden. Een zekere continuïteit van de opdrachtenstroom kan veel problemen door tijdsdruk voorkomen.

Aandachtspunten om risico's in het totale boorproces te verminderen zijn uit het bovenstaande af te leiden:

- veel aandacht voor het grondonderzoek, het ontwerp en het bestek;
- tijdig aanvragen en aanwezig zijn van vergunningen;
- goede stroomlijning door aannemers van hun procedures;
- veel aandacht voor de leer-/ervaringscurve van de betrokkenen, al dan niet met feedback;
- eerdere betrokkenheid van aannemer om tijdsdruk te verminderen.

3. RISICOBEBEERSING PER TECHNIEK

3.1 Horizontaal gestuurd boren: maxi / midi-boringen

De karakteristiek van horizontaal gestuurd boren is dat de boring vanaf het maaiveld plaats vindt. Er is geen noodzaak tot het maken van een pers- en ontvangstput en een verlaging van de grondwaterstand is eveneens overbodig.

De uitvoeringsfase van horizontaal gestuurde boringen valt uiteen in twee delen. Eerst wordt er een pilotboring verricht. Hierbij wordt vanuit een boorstelling onder een gegeven intredehoek een roterende boorkop in de grond gebracht. Deze volgt onder het maaiveld een boortracé dat bestaat uit verticale en/of horizontale bochten en rechte stukken. Op de aangegeven plaats komt de boorkop onder een zekere uittredehoek boven het maaiveld.

Na de pilotboring volgt het tweede deel van de uitvoeringsfase: het ruimen en intrekken. Tijdens de ruimfase wordt de diameter van het boorgat op de juiste grootte gebracht om vervolgens de productpijpen in te kunnen trekken.

Bij de horizontaal gestuurde boringen worden twee technieken onderscheiden, de maxi-boring (incl. midi-boring) en de mini-boring. De indeling is afhankelijk van de schaalgrootte van de boring.

De maxi- en midi-boringen kennen een aantal specifieke risico's die uiteen vallen in drie groepen:

1. risico's voortvloeiende uit het bestek en ontwerp
2. risico's voortvloeiende uit de in te stellen procesparameters
3. risico's voortvloeiende uit het in te zetten materieel en materiaal

ad 1. risico's voortvloeiende uit het bestek en ontwerp

In het ontwerp en het bestek wordt een aantal randvoorwaarden aan het boorproces gesteld. Deze randvoorwaarden variëren van het voorschrijven van een boorprofiel (bochtstraal, diepte), de bepaling van intrede- en uittredehoek, de keuze voor materialen tot de dimensionering van de leidingen. Deze punten kunnen in de uiteindelijke boring technische onmogelijkheden opleveren die niet of nauwelijks zijn op te lossen.

ad 2. risico's voortvloeiende uit de in te stellen procesparameters

De in te stellen procesparameters worden bepaald door de aannemer op grond van (1) het geotechnisch onderzoek, bestek en ontwerp en (2) ervaring, kennis en vakmanschap van zijn personeel. Hierbij spelen de kwaliteit van de projectvoorbereiding en de kwaliteit van het personeel duidelijk een grote rol.

Meer kennis van de wisselwerking tussen grondeigenschappen en in te stellen procesparameters (boorspoeling, boorsnelheid, druk, materieelkeuze, etc.) zal de risico's op mislukkingen doen afnemen. Daarnaast zal de verspreiding van deze kennis onder de geotechnici, de ontwerpers en de aannemers eveneens bijdragen tot een betere beheersing van de risico's.

ad 3. risico's voortvloeiende uit het in te zetten materiaal en materieel.

Op basis van grondonderzoek, bestek en ontwerp zal de aannemer zijn materieel kiezen. Bij een foutieve keuze kan dit leiden tot de inzet van te zwaar materieel met een forse overcapaciteit, met de financiële gevolgen. Ook kan de aannemer te licht materieel inzetten waarmee de boring uiteindelijk niet gemaakt kan worden. Het alsnog inzetten van zwaarder materieel heeft uiteraard ook financiële consequenties, maar belangrijker is dat de boring zelf al mislukt kan zijn met het te lichte materieel.

Tijdens het boorproces kunnen defecten in materiaal en materieel optreden. De hieruit voortvloeiende risico's lopen uiteen van vertraging van het boorproces tot het verlies van de totale boring. Preventieve maatregelen, regelmatige controles en onderhoud en eventueel standby equipment kunnen mogelijke schadelijke gevolgen beperken.

Naast de bovenstaande risico's gelden voor de maxi- en midi-boringen ook de risico's zoals omschreven in hoofdstuk 2.

Voor een nadere specificatie van de risico's bij maxi- en midi-boringen wordt verwezen naar bijlage 2.

3.2 Horizontaal gestuurd boren: mini-boringen

Mini-boringen kenmerken zich vooral door het toepassen van kleine rigs. Hiermee zijn de werken van een veel kleinere schaalgrootte dan de werken bij maxi-boringen. Deze verschillende schaalgrootte brengt ook een geheel andere schaal van risico's met zich mee. Het (financiële) risico bij een maxi-boring is doorgaans vele malen groter dan die van een mini-boring. Echter doordat het uitvoeren van een mini-boring veel vaker voorkomt verdient deze vorm van boren aparte aandacht.

De risico's van het boren met kleine rigs vinden hun oorsprong doorgaans in een drietal factoren:

1. lage prijzen
2. lage toegangsdrempel tot "de markt"
3. plaats van het werk

ad 1. lage prijzen

Door de lage prijzen die voor de boringen worden betaald is er vaak weinig tot geen financiële ruimte voor een aantal wezenlijke zaken. Te denken valt aan grondonderzoek en risico-inventarisaties. Daarnaast wordt gewerkt met eenvoudige equipment (bijvoorbeeld meet-systemen). Dit kan leiden tot een onnauwkeurige benadering van het werk met als gevolg een mislukte boring.

ad 2. lage toegangsdrempel tot "de markt"

De eisen die door een opdrachtgever aan mini-boringen worden gesteld zijn doorgaans laag. Hierdoor hoeven bedrijven "niet al te veel kwaliteit te leveren" waardoor zij een scherpe prijs aan kunnen bieden. Een gevolg hiervan is de prijzenslag waarvan de gevolgen reeds bij ad 1. zijn besproken. De lage toegangsdrempel tot de markt wordt versterkt door de relatief goedkope boorsystemen en – equipment. Hierdoor kunnen velen dergelijke equipment aanschaffen zonder daarvoor enige kennis en ervaring te bezitten.

Voor het risico-arm uitvoeren van een boring is echter wel een minimum aan (technische) kennis benodigd, iets wat door commerciële aspecten vaak verwaarloosd wordt. Dit komt de kwaliteit van het werk niet ten goede, met alle risico's van dien.

ad 3. plaats van het werk

Veelal worden kleine boringen verricht in stedelijke gebieden die in de loop der tijd dichtbekabeld zijn geraakt. Hierdoor is er veel kans op het raken van andere kabels en leidingen. Dit wordt bovendien nog in de hand gewerkt door onjuiste of onvolledige gegevens uit het verleden ten aanzien van ligging en diepte van bestaande kabels en leidingen. Het gevolg is dat er een hoog risico op schade aan bestaande kabels en leidingen ontstaat.

Een ander gevolg van het werken in dichtbekabelde gebieden is het ontstaan van afwijkingen in het meetsysteem door interferentie met bestaande kabels en leidingen. Dit betekent dat de sturingsapparatuur bij de boring afwijkingen kan geven, met als gevolg een afwijkend boorprofiel. Tot slot kennen stedelijke gebieden vaak een ruimteprobleem waardoor er gewerkt moet worden met korte boogstralen. Dit heeft vaak ovale buizen tot gevolg, hetgeen zeer storend kan werken bij het invoeren van zowel mantelbuizen als kabels en leidingen.

De schades aan het systeem en de boorequipment is vaak beperkt, de gevolg-schades die hier uit voortvloeien kunnen echter fors oplopen. Dit kan weer gevolgen hebben voor de verzekeringspremies.

conclusie

Ten aanzien van het uitvoeren van mini-boringen kan men concluderen dat vooral het uitvoeren van boringen onder de huidige marktomstandigheden (prijsconcurrentie) de zorgvuldigheid en kwaliteit van de boringen aantast. De kans op mislukte boringen is dan ook groot.

Gezien de geringe schade aan de eigen (relatief goedkope) equipment kan een aannemer dit risico echter nemen. De vraag is echter in hoeverre dit voor de gevolgschade ook geldt.

Daarnaast wordt de naam van het totale boren (dus ook maxi- en schildboringen) aangetast door slechte ervaringen met mini-boringen uitgevoerd door ongekwalificeerde aannemers. Hierdoor is het van belang ook bij het uitvoeren van mini-boringen een kwaliteitsborging / erkenning te hanteren.

3.3 Buisdoorpersingen: gesloten frontboringen (schildboringen)

Gesloten frontboringen (schildboringen) zijn technieken waarbij gebruik wordt gemaakt van perstechnieken. Bij de toepassing van deze techniek wordt aan het begin en eind van het boortracé een persput en een ontvangstput gegraven. Vanuit de persput worden een boorschild in de grond geperst. Daar achteraan komen leidingsegmenten. De uiteindelijke doorgeperste leiding bestaat dus uit verschillende, gekoppelde segmenten.

Niet alleen het gebruik van een complex boorschild brengt risico's met zich mee. Ook het gebruik van pers- en ontvangstputten introduceert risico's. Zo is de bemaling kritisch omwille van de grondwaterstand rond de putten, moeten er damwanden geplaatst en getrokken worden, is er sprake van eventuele tussenstations en luistert de krachtenverdeling tussen de onderlinge segmenten zeer nauw.

De gesloten frontboringen kennen een drietal specifieke risicogroepen:

1. risico's voortvloeiende uit het bestek en ontwerp
2. risico's voortvloeiende uit de in te stellen procesparameters
3. risico's voortvloeiende uit het in te zetten materieel en materiaal
4. risico's voortvloeiende uit de tijdelijke constructies

ad 1. risico's voortvloeiende uit het bestek en ontwerp

Bij gesloten frontboringen is het ontwerp van de pers- en ontvangstput cruciaal. Ze dienen gedurende het hele proces droog te blijven en moeten de bij de doorpersing optredende krachten goed en gelijkmatig te kunnen verwerken. Bij een onjuist ontwerp kan de totale boring mislukken. Speciale aandacht hierbij dient aan de tijdelijke constructies gegeven te worden (zie ook punt 4). Tevens dient een kritischer geotechnisch onderzoek en historisch onderzoek verricht te worden daar er tijdens de buisdoorpersing nauwelijks bijgestuurd kan worden.

ad 2. risico's voortvloeiende uit de in te stellen procesparameters

Net als bij de gestuurde boringen worden de procesparameters bepaald door de aannemer op grond van het geotechnisch onderzoek, bestek en ontwerp alsmede de ervaring, kennis en vakmanschap van zijn personeel. Een van de belangrijkste parameters is een goede frontsteundruk. Bij afwijkingen kunnen zettingen danwel verdrijving van de grond ontstaan. Graafsneldruk en grondaafvoer dienen dan aangepast te worden. Ook de (beperkte) bochten die bij een schildboring gemaakt kunnen worden dienen, in verband met de segment-bouw, met grote zorg omgeven te worden. Vergroting van en onderlinge uitwisseling van kennis en ervaring kunnen risico's verminderen.

ad 3. risico's voortvloeiende uit het in te zetten materiaal en materieel.

Cruciaal bij de schildboringen is de inzet van het juiste type schild. Dit is onder andere afhankelijk van de grondsoorten die tijdens de doorpersing gekruist worden. Daar theoretische relaties tussen type schild, grondsoort en frontsteundruk slechts indicatief zijn, zijn ervaring en kennis van de werkvoorbereider en van de boormeester van groot belang. Ook voor het schildboren geldt dat preventieve maatregelen, regelmatige controles en onderhoud en eventueel standby equipment mogelijke schadelijke gevolgen kunnen beperken.

ad 4. risico's voortvloeiende uit de tijdelijke constructies

Naast het type boorschild en de boormachine zijn ook de tijdelijke constructies van groot belang. Hieronder valt ook het plaatsen en trekken van de damwanden. Indien dit niet op de juiste wijze gebeurt, ontstaat de kans op grote zettingen rond de buis waardoor schade aan leidingen en eventueel geplaatste putten kan ontstaan. Ook de buissegmenten kunnen verzakken bij het trekken van de damwanden, waardoor de doorpersing alsnog zijn waarde verliest. Eveneens kunnen achterblijvende delen van de tijdelijke constructies van invloed zijn op zettingen rond de buis.

Voor nadere specificatie van de risico's van schildboringen wordt verwezen naar bijlage 3.

3.4 Buisdoorpersingen: Open frontboringen (avegaar)

Open frontboringen zijn boringen die gebruik maken van een boorschild met open snijkop. Achter de snijkop is een schroefworm gekoppeld (ook wel avegaar of snek genoemd). De door de snijkop losgegraven grond wordt door de avegaar afgevoerd naar de persput. Net als de productleidingen wordt de avegaar opgebouwd uit aaneengekoppelde elementen. De avegaar wordt aangedreven door een motor in de persput.

Een nadeel van de open front techniek is het open contact met de grond en het grondwater. Het grondwaterpeil moet altijd lager zijn dan het laagste punt van de boring. Een bemalingsplan is dan noodzakelijk. Dit luistert nauw daar grondwaterpeilverlaging kans op zakkings met zich mee brengt.

Naast de in hoofdstuk 2 genoemde algemene risico's kennen de open frontboringen een tweetal specifieke risicogroepen:

1. risico's voortvloeiende uit de geotechnische situatie
2. risico's betreffende afwijkingen in het boorprofiel

ad 1. risico's voortvloeiende uit de geotechnische situatie

De geotechnische situatie die bij de open frontboringen zeer belangrijk is, betreft onder andere het drooghouden van de boring. Het boortracé en de pers- en ontvangstputten moeten boven grondwaterpeil liggen of er moet een uitgebreid bemalingsplan zijn.

Daarnaast zijn ook de aanwezige grondlagen in het boorprofiel van belang. Boringen in verschillende grondlagen, heterogene grondsoorten en grondlagen van grof zand en / of grind hebben een verminderde kans op succes.

Ook de krachtenberekening luistert nauw, enerzijds om goede lengte / diameter verhoudingen te krijgen, anderzijds om het juiste materiaal in te zetten. De verdeling van de krachten speelt net als bij de gesloten frontboringen een cruciale rol.

ad 2. risico's betreffende afwijkingen in het boorprofiel

Bij de open frontboringen zijn de risico's op afwijkingen in het boorprofiel doorgaans groter dan bij andere technieken. De boring heeft de neiging de weg van de minste weerstand te kiezen, zonder al te veel mogelijkheden op bijsturen. Afwijkingen treden vooral op bij boringen door verschillende grondlagen. Maar ook als de lengte / diameter-verhouding niet goed is, kunnen door de buigzaamheid van de buizen, afwijkingen optreden. Tevens kan de boring gaan wijken bij een verkeerde krachtenverdeling die ontstaat door de benodigde grote perskrachten.

Voor nadere specificatie van de risico's van open frontboringen wordt verwezen naar bijlage 4.

3.5 Verticale boringen

Hoewel het verticale boren geheel verschilt van het horizontaal boren, zowel op het gebied van techniek en equipment als wat betreft het doel van de boring, worden de verticale boringen toch meegenomen in dit rapport. De belangrijkste reden hiervoor is dat het horizontale en verticale boren intuïtief gelijksoortige risico's kennen.

Voor het opstellen van de risico-inventarisatie van verticale boringen is uitgegaan van onverbuisde boringen met een diameter tot 1,5 m. Daarnaast wordt gesteld dat deze boringen uitsluitend dienen voor waterwinning of energie-opslag.

Uit de inventarisatie komt naar voren dat met name de projectvoorbereiding en de uitvoering van verticale boringen nieuwe risico's kennen ten opzichte van de algemene risico's uit hoofdstuk 2.

projectvoorbereiding

Bij horizontaal boren en buisdoorpersingen kan in meer of mindere mate afgeweken worden van het boortracé. Bij verticaal boren is het boortracé loodrecht naar beneden en kan hier niet van worden afgeweken. Dit maakt dat onderzoek naar de bodem een cruciale rol speelt in de projectvoorbereiding. Onderzoek naar de bodemopbouw en welke obstakels bij een boring tegengekomen kunnen worden, is essentieel.

aanwezige grondlagen

De boorsnelheid en daarmee de opleveringstijd van het werk is mede afhankelijk van de grondlagen die tijdens de verticale boring gepasseerd worden. Het boren door bijvoorbeeld zware klei en bruinkoollagen geeft een lage boorproductie.

Daarnaast speelt het wateropnemend vermogen van de grondlaag een grote rol. Indien door teveel wateropname de grond- of kleilaag gaat zwellen kan het filter niet meer ingebouwd worden door een te kleine boorgatdiameter. Bij een teveel aan waterafgifte kan de grondlaag gaan afbrokkelen waardoor er te veel ruimte in het boorgat ontstaat en het boorgat ondieper wordt.

Inzicht in de te passeren grondlagen (ook op grotere diepten) is dan ook onontbeerlijk voor het welslagen van een verticale boring. Dit inzicht is onder andere te verkrijgen door het raadplegen van het archief van TNO-NITG (voorheen Rijks Geologische Dienst) of de grondwaterkaarten van TNO. Eventuele proefboringen kunnen wel gebruikt worden, maar kennen dezelfde risico's als de uiteindelijke boring.

Ook kunnen verticale sonderingen gebruikt worden, maar deze hebben als nadeel dat ze niet dieper komen dan 60 tot 100 m en dat ze de waterspanning en stijghoogte niet nauwkeurig genoeg meten. Peilbuizen zijn hier beter voor geschikt.

obstakels in de bodem

Onverwachte obstakels in de bodem kunnen grote gevolgen hebben voor het boor-equipement en daarmee het totale boorproces. Indien een boring onverwacht op een obstakel stoot, kunnen de boorkop en de boorbuizen dermate beschadigd worden dat ze volledig onbruikbaar raken. Het boorproces ondervindt hier vaak veel hinder en uiteindelijk vertraging van. Onverwachte obstakels kunnen zijn funderingsresten, oude begraafplaatsen, puin maar ook zwerfkeien en grindbedden. Met name de eerste drie kan men wellicht met een historisch onderzoek naar de boorplaats al voor de boring onderkennen.

Het risico op het tegenkomen van natuurlijke obstakels ligt doorgaans bij de aannemer. Het risico op het tegenkomen van onnatuurlijke obstakels ligt gewoonlijk bij de opdrachtgever.

uitvoering

Bij verticale boringen is het instorten van het boorgat het grootste risico. Om dit te voorkomen zijn de watertoevoer (debiet) en de statische wateroverdruk van essentieel belang. Ongewenste fluctuaties hierin kunnen leiden tot het instorten van het boorgat. Ook een te lage of hoge waarde voor de parameters kunnen desastreus zijn voor de boring.

Ongewenste afwijkingen kunnen diverse oorzaken hebben:

- (1) een defect aan de toevoer / werkwatervoorziening. Hier zijn diverse redenen voor mogelijk: vandalisme, storing van de pomp, wegvallen van de waterleidingdruk, etc.;
- (2) een scherpe overgang tussen grondlagen of de overgang van het zoetwater naar het zoutwatervlak;
- (3) verschil in stijghoogten in diverse grondlagen.

Een mogelijke preventieve maatregel is het gebruik maken van een dubbel uitgevoerde watertoevoer. Deze dienen onafhankelijk van elkaar te zijn.

Mochten er toch onregelmatigheden optreden, dan is het van belang om bentoniet of andere middelen achter de hand te hebben.

Ook bij een constante wateroverdruk kunnen er problemen ontstaan, te denken valt hier aan een te lage of te hoge overdruk. Dit kan mogelijk verholpen worden door het aanpassen van een procesparameter als de watertoevoer.

conclusie

De risico's van het verticale boren kunnen sterk worden verminderd door een goed onderzoek naar de grond(lagen). Dit onderzoek moet zich uitstrekken tot de gehele diepte van de boring. Een historisch onderzoek kan hierbij nuttig zijn indien men oude fundamenteën of puin denkt aan te treffen.

De wateroverdruk blijkt eveneens essentieel. Maatregelen om deze op peil te brengen / houden zijn dan ook van belang.

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

De risico-inventarisatie die in de voorliggende hoofdstukken is gemaakt volgen een aantal conclusies. De belangrijkste daarvan worden hieronder weergegeven

- (1) In elke fase van het boorproces wordt teruggegrepen op de resultaten van het geotechnisch onderzoek. Daarmee is de betrouwbaarheid en de volledigheid van het geotechnisch onderzoek bepalend voor de kwaliteit en de voortgang van het hele boorproject.
- (2) Onvolkomenheden en ondoordachtheden in het ontwerp en het bestek leiden vaak tot moeilijkheden en soms zelfs tot onmogelijkheden in de uitvoering van de boring.
- (3) Door tijdsdruk kunnen onnodige fouten in de werkvoorbereiding en de uitvoering van het boorproces sluipen. Deze tijdsdruk wordt vaak waargenomen bij de zogenaamde speed-opdrachten.
- (4) Met de invloed van de ondergrond op de (boor-)procesparameters wordt niet altijd voldoende rekening gehouden. Dit kan de volgende oorzaken hebben: (a) te weinig kennis over de aanwezige ondergrond, (b) te weinig kennis van de boormeester en (c) te weinig kennis van de relatie "ondergrond – procesparameters".
- (5) Doordat het totale boorproject in verschillende fasen uiteen valt en er dus meerdere personen bij betrokken zijn, vindt er regelmatig gegevensoverdracht plaats. Onvoldoende communicatie tussen de verschillende betrokkenen en gebrekkige gegevensoverdracht introduceren onnodige risico's.
- (6) Goed materiaal en materieel blijken een belangrijke factor voor de voortgang van de uitvoering te zijn. Behandeling van en controle op o.a. machines, boorstellingen en productpijpen moet nauwgezet uitgevoerd worden en aantoonbaar zijn.
- (7) De marktomstandigheden voor mini-boringen tast de zorgvuldigheid en kwaliteit van de mini-boringen aan. De negatieve gevolgen voor de naam van dit type boringen beïnvloedt ten onrechte ook het imago van de andere typen boringen aan.
- (8) Het slagen van verticale boringen hangt voor een groot deel af van kennis van de betreffende grondlagen. De instelling van de bijzonder kritische procesparameter "wateroverdruk" is hier erg van afhankelijk.

4.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de risico-inventarisatie doet de werkgroep de volgende aanbevelingen:

- (1) **Volledig geotechnisch en historisch onderzoek** als eerste fase van het boorproces leidt tot minder onzekerheden in het verdere verloop van het boorproces. Hierbij kan gedacht worden aan informatie over grondlagen, grondsamenstelling, stijghoogten van grondwater, etc.. Er zijn specifieke richtlijnen voor (NEN-normen, erkenningsregeling) maar de vraag is of deze toereikend zijn en voldoende worden toegepast.

Uitwerking:

In bijlage 1 worden richtlijnen voor geotechnisch onderzoek weergegeven. De richtlijnen hebben met name betrekking op de wijze van uitvoeren en de omvang van het onderzoek. Tevens is aandacht voor de interpretatie van het onderzoek met betrekking tot de boor-praktijk.

- (2) **Vroegtijdig overleg** tussen ontwerper, bestekschrijver en aannemer inzake afstemming van ontwerp en uitvoering kan leiden tot een betere communicatie, helderdere verdeling van

verantwoordelijkheden en minder uitvoeringsproblemen naar aanleiding van onvolkomenheden in bestek en ontwerp. Daarnaast moet er vroegtijdige afstemming met de vergunningverlener plaatsvinden. Eventueel kan een en ander vastgelegd worden in de contracten.

Uitwerking:

Meer en meer wordt de traditionele bouwkolom verlaten. De bouwregelgeving biedt steeds meer mogelijkheden om moderne contracten met moderne overlegstructuren te maken. Zo biedt de UAV-gc (Uniforme Administratieve Voorwaarden – Gecombineerde Contracten) de mogelijkheid tot innovatieve contractvorming en betere communicatie. Hierbij kan ook de aansprakelijkheid richting de aannemer schuiven. Promotie van dergelijke contract- en contactvormen zou vroegtijdig overleg kunnen stimuleren.

- (3) **Opdrachtspreiding** door de opdrachtgever kan de voorbereidingstijd van een project langer maken. De factor tijdsdruk bij de aannemerij zal zo kunnen verminderen, waardoor onnodige fouten voorkomen worden. Ook kunnen met opdrachtspreiding de vergunningstrajecten eerder ingegaan worden, waardoor tijdswinst geboekt kan worden.

Uitwerking:

Door Bolegbo-vok wordt al lange tijd overlegd met vakbonden en opdrachtgevers over de discontinuïteit in de opdrachtenstroom binnen de aannemerswereld. Naast commerciële en sociale nadelen heeft dit ook nadelen m.b.t. de kwaliteit van de uitvoering. Dit overleg is een goed platform om de problematiek aan te kaarten.

- (4) **Kwaliteitsplannen** (en externe toetsing daarvan) van aannemers kunnen administratieve procedures en beheer van materiaal en materieel ten goede komen. Communicatie, gegevens-overdracht en controles op materieel kunnen hierdoor verbeterd worden met als gevolg minder onnodige risico's en een groter vertrouwen in het boorproces.

Uitwerking:

Binnen de Certificatieregeling Kabelinfrastructuur en Buizenlegbedrijven kunnen bedrijven gecertificeerd worden voor de toepassing van diverse typen sleufloze technieken. Hierbij staat het kwaliteitssysteem van het bedrijf m.b.t. de uitvoering centraal. Door verschillende partijen wordt aangedrongen op aanscherping van de specifieke eisen voor sleufloze technieken. Andere partijen zijn hier echter zeer ongelukkig mee. Bij een volgende revisie van de CKB-regeling zal dit zeker een discussiepunt zijn.

- (5) **Kennisverhoging** van betrokkenen bij het boorproces draagt bij tot een betere kwaliteit van het project. Het betreft hier feitelijk alle betrokkenen, vanaf de ontwerper en bestekschrijver tot de vergunningverlener en de boormeester. Het volgen van adequate opleidingen en het opdoen van ervaring zijn de twee belangrijkste peilers voor kennisverhoging.

Uitwerking:

Momenteel zijn er diverse opleidingen op het gebied van sleufloze technieken. De Betonvereniging geeft een vierdaagse cursus Sleufloze technieken voor ondergrondse infrastructuur. De cursus is gericht op middenkader van ontwerpers, aannemers, opdrachtgevers, vergunningverleners, verzekeraars, kortom alle partijen die iets met sleufloze technieken te maken kunnen hebben. Uitwisseling van kennis en kweken van begrip en overleg staan centraal in deze cursus. SBW kent een vierdaagse cursus "Boormeester Gestuurd Boren". Daarnaast ontwikkelt SBW momenteel een gelijkwaardige cursus "Boormeester Microtunneling". Beide cursussen hebben als doel ervaren en minder ervaren boormeesters een theoretische onderbouwing van hun werkzaamheden te bieden. Ook in het buitenland (m.n. Duitsland en de Verenigde Staten) worden cursussen gegeven voor de boormeesters. Deze zijn echter sterk gericht op de eigen nationale situatie.

- (6) **Kwaliteitsverbetering van mini-boringen** kan bereikt worden door een betere voorbereiding van de boring. Meer aandacht voor de erkenningsregeling en normen kunnen hierbij helpen. Daarnaast is de veelheid van miniboringen van belang voor het imago voor alle boringen.

Uitwerking:

In de Certificatieregeling Kabelinfrastructuur en Buizenlegbedrijven is het verrichten van mini-boringen als een apart te certificeren proces opgenomen. Een goede uitvoering van met name de voorbereidingen staan hierin centraal. Dit is vaak ook het punt waarin de kwaliteit van de boringen achterblijft.

Opdrachtgevers en vergunningverleners dienen echter wel de certificering voor te schrijven bij hun aanbestedingen. Indien zij dit niet doen, zal de kwaliteit van de miniboringen onder de prijsdruk blijven lijden. Promotie van de certificeringsregeling op dit gebied is derhalve aan te bevelen.

Daarnaast kunnen de eisen aan de mini-boringen wellicht nader aangescherpt worden.

- (7) **Vervolgonderzoek** op reeds uitgevoerd BTL-onderzoek over de relatie tussen de grondeigenschappen en procesparameters zou onzekerheden kunnen verminderen. Verhoging van het kennisniveau op dit punt bij *alle partijen* leidt tot een beter begrip van het boorproces en van de risico's. Beheersing van de risico's kan dan zowel in het ontwerp en bestek als in de uitvoering beter uitgevoerd worden.

Uitwerking:

Op diverse plaatsen wordt onderzoek verricht. Het overzicht van al deze onderzoeken én hun resultaten is echter nauwelijks te verkrijgen. Bundeling en verspreiding van deze kennis is een van de speerpunten van NSTT. Een meer pro-actieve houding van kennis-afnemers is echter nodig om iedereen te bereiken.

Stimulering hiervan dient te geschieden door NSTT en Bolegbo-vok via hun respectievelijke leden.

BIJLAGE 1: RICHTLIJNEN VOOR GEOTECHNISCH ONDERZOEK

1 Waarom geotechnisch onderzoek?

Bij de aanleg van leidingen door middel van sleufloze technieken is informatie over de grondlagen waar doorheen geboord wordt en informatie over het grondwater van groot belang. Ook informatie over het voorkomen van obstakels in het boortracé is belangrijk. Obstakels in de ondergrond kunnen een groot probleem zijn bij het boren. Vooral een onverwachte confrontatie met obstakels tijdens de uitvoering kan leiden tot langdurige vertragingen en dus tot hoge extra kosten.

Is de leiding eenmaal aangelegd dan zal de interactie tussen leiding en grond resulteren in allerlei krachten op de leiding. Voor de bepaling van deze krachten is kennis van de eigenschappen van de grond noodzakelijk.

Informatie over de ondergrond en over het grondwater wordt verkregen door middel van geotechnisch onderzoek. Het uitvoeren van geotechnisch onderzoek kost tijd en geld; het niet uitvoeren van zo'n onderzoek kan eveneens tijd en geld kosten. Daarom dient voorafgaand aan het ontwerp en de uitvoering van een project aandacht te worden besteed aan het formuleren van het benodigde onderzoek.

In het algemeen kan worden gesteld dat het geotechnisch onderzoek tot doel heeft het verloop, de samenstelling en de van belang zijnde eigenschappen van de grondlagen die voorkomen in het boortracé vast te stellen. Daarnaast moet het onderzoek informatie opleveren over de stijghoogte en de kwaliteit van het grondwater in de van belang zijnde lagen.

De keuze van het soort onderzoek en de omvang ervan hangen van veel factoren af. De bekendheid met de grondgesteldheid ter plaatse speelt daarbij een grote rol. Daarnaast heeft ook de wijze waarop de leiding wordt aangelegd, de uitvoeringsrisico's, de economie en de regelgeving een grote invloed hierop.

Omdat de ondergrond is ontstaan door processen, waarbij toevallige omstandigheden een belangrijke rol hebben gespeeld, is deze in hoge mate inhomogeen. Het is in de praktijk niet mogelijk om alle inhomogeniteiten in de ondergrond te ontdekken. Door het geotechnisch onderzoek te intensiveren en diversificeren wordt de kans vergroot dat grote variaties in de ondergrond in het ontwerpstadium al worden onderkend.

Variaties in de bodemopbouw die pas tijdens de uitvoering van het werk worden onderkend en noodzaken tot aanpassing van de uitvoeringswijze leiden bijna altijd tot veel extra kosten en een grote verlenging van de bouwtijd.

2 Vooronderzoek

In algemene zin is er al veel bekend over de ondergrond in Nederland. De meest optimale aanpak van het geotechnisch onderzoek is dan ook om eerst, op basis van reeds bekende informatie, een vooronderzoek uit te voeren om vervolgens op basis van dit vooronderzoek het definitieve onderzoek vast te stellen. Van groot belang hierbij is de reeds beschikbare kennis van de geologie en de geohydrologie van het betrokken gebied.

Bij het vooronderzoek wordt gebruik gemaakt van bestaande geotechnische informatie:

- geologische kaarten;
- resultaten van reeds eerder verricht grondonderzoek (archieven van geotechnische adviesbureaus);
- grondwaterstanden en stijghoogten van grondwater in watervoerende lagen (TNO-NITG).

Aan de hand van het vooronderzoek kan een globaal beeld worden verkregen van de ondergrond. Op basis van de resultaten van het vooronderzoek wordt het definitieve grondonderzoek vastgesteld.

Een belangrijk onderdeel van het vooronderzoek is het historisch onderzoek.

Aan de hand van een voorlopig ontwerp-tracé van de aan te leggen leiding, wordt door middel van een historisch onderzoek informatie verkregen omtrent:

- bestaande kabels en leidingen (middels melding bij KLIC en voorgraven);
- funderingsresten, stenen, etc.;
- oeverbeschermingen (damwanden);
- oude putten van bronnering;
- oorlogsresten;
- fundering (palen) van de te kruisen constructies;
- oude, weer opgevulde, afgravingen;
- bodemverontreinigingen.

3 Definitief grondonderzoek

De omvang van het definitieve grondonderzoek is afhankelijk van de reeds beschikbare informatie uit het vooronderzoek en dient dus per project te worden vastgesteld. Daarbij speelt ook een belangrijke rol de grootte van het risico (= kans x gevolg) dat wordt gelopen wanneer van de grondlagen waarin geboord wordt weinig bekend is. Zo zal voor een gestuurde boring met een mini-rig onder een sloot door volstaan kunnen worden met een globaal beeld van de grondgesteldheid. Moet echter een waterkering worden gekruist dan is, gezien het verhoogde risico een grondonderzoek op locatie altijd noodzakelijk.

Het grondonderzoek kan in het algemeen worden verdeeld in:

- terreinonderzoek]
- laboratoriumonderzoek

In Nederland wordt in het terrein vooral het sonderen veel toegepast. Afhankelijk van de met het sonderen aangetroffen grondgesteldheid en van de te verwachten geotechnische problemen worden naast het sondeeronderzoek ook grondboringen uitgevoerd. Daarnaast kan het noodzakelijk zijn met behulp van bijvoorbeeld peilbuizen de stijghoogte van het grondwater in een watervoerend zandpakket vast te stellen.

Bij boorprojecten is het van groot belang dat de onderzoeklocaties in het terrein zich buiten het boortracé bevinden. Minimaal dient de afstand tot het boortracé 5 m te bedragen.

De bij de grondboringen gestoken grondmonsters worden in een laboratorium nader onderzocht. Door middel van proeven op deze grondmonsters kunnen diverse eigenschappen van de betreffende grondlaag worden vastgesteld. De aard van de proeven dient per project te worden vastgesteld.

Het nadeel van onderzoek door middel van sonderingen en boringen is dat slechts op een beperkt aantal punten gegevens van de grond worden verkregen. Er blijft altijd enige mate van onzekerheid bestaan over het verloop van de grondlagen tussen de onderzoekspunten in. Dit nadeel kan worden omzeild door het gebruik van geofysische grondonderzoeksmethoden (bv: geo-elektrisch of elektromagnetisch onderzoek of onderzoek met grondradar). Met behulp van deze methoden kan in combinatie met sonderingen en boringen een continu beeld van de ondergrond worden verkregen.

Hierna wordt voor een aantal veel toegepaste boortechnieken nader ingegaan op het uit te voeren grondonderzoek.

3.1 *Gestuurde boringen*

Terreinonderzoek

Het onderzoek bestaat uit sonderingen en boringen met monsternamen. Bij gestuurde boringen is het van groot belang dat de onderzoeklocaties zich op minimaal 5 m ter weerszijden van het boortracé bevinden. Ook verdient het aanbeveling de boorgaten af te dichten. De onderlinge afstand van de onderzoekslocaties dient per project te worden vastgesteld. Deze afstand is afhankelijk van de reeds beschikbare informatie van de grondgesteldheid. In ieder geval zal aan weerszijden van het te kruisen object een sondering moeten worden uitgevoerd. Ook ter plaatse van het in- en uitredepunt verdient het aanbeveling een sondering uit te voeren.

De diepte van de sonderingen en boringen moet zodanig zijn dat over de lengte van het tracé het verloop en de samenstelling van de grondlagen tot een diepte van 5 m beneden het boortracé bekend

is. Uit de voor het boren relevante lagen moeten grondmonsters worden gestoken voor nader laboratoriumonderzoek.

Bij gestuurd boren is het van groot belang dat grondwaterstanden en stijghoogten van het grondwater in watervoerende lagen nauwkeurig bekend zijn. Veelal wordt namelijk door watervoerende zandlagen geboord. Wanneer onvoldoende rekening wordt gehouden met de heersende grondwaterdruk in deze lagen kan dit leiden tot het instorten van het boorgat en als gevolg daarvan vastlopen van de leiding bij het intrekken. Het plaatsen van een peilbuis in de betreffende watervoerende laag is noodzakelijk. De waterstand in de peilbuis dient regelmatig te worden afgelezen.

Laboratoriumonderzoek

Op de bij het maken van de grondboringen gestoken grondmonsters dienen minimaal de volgende proeven te worden uitgevoerd.

- bepaling volumegewicht;
- korrelverdelingen van de zand/grindlagen waar doorheen geboord wordt;
- bepaling ongedraineerde schuifsterkte van de kleilagen waar doorheen geboord wordt.

Vooraf het bepalen van de korrelverdeling is bij gestuurd boren erg belangrijk. De kans van slagen van deze boormethode hangt mede af van de aanwezigheid van grind.

3.2 Buisdoorpersingen

Terreinonderzoek

Iets buiten de locatie van pers- en ontvangkuip moet een sondering worden uitgevoerd. Daarnaast is op deze locaties ook een boring nodig, waaraan grondmonsters kunnen worden ontleend voor laboratoriumonderzoek. Het grondonderzoek voor de putten moet voldoende diep worden uitgevoerd. Door het toepassen van damwanden betekent dit een diepte tot minimaal 2,5 x de ontgravingsdiepte.

Ter verkenning van het verloop en de eigenschappen van de grondlagen tussen de pers- en ontvangputten zijn sonderingen en boringen nodig. Dit onderzoek dient te reiken tot een diepte van circa 3 m beneden het niveau van de onderkant leiding. De onderlinge afstand van de onderzoekspunten hangt af van de reeds beschikbare informatie van de grondgesteldheid en de te verwachten variatie in de ondergrond. De onderzoeklocaties dienen op minimaal 5 m afstand van de boorlijn te zijn gesitueerd.

Ook bij buisdoorpersingen is informatie over grondwaterstanden en stijghoogte van grondwater in de diepere zandlagen van groot belang. Door het plaatsen van peilbuizen en het regelmatig waarnemen van de stijghoogte in deze buizen kan deze informatie worden verkregen.

Laboratoriumonderzoek

Zowel voor het ontwerp van een eventuele bemaling als voor de uitvoering van de buisdoorpersing is informatie over de korrelverdeling van de zandige lagen nodig. Een representatieve korrelverdeling per laag moet in ieder geval worden vastgesteld.

Voor de bepaling van de benodigde grondmechanische parameters voor damwand- en leidingberekening zijn gegevens nodig van het volumegewicht van de diverse grondlagen en van de sterkte- en stijfheidseigenschappen van de grond. Het uitvoeren van een voldoende aantal volumegewicht-bepalingen en triaxiaalproeven wordt aanbevolen. Op basis van sondeerwaarden kan de benodigde informatie over grondeigenschappen ook worden verkregen uit tabel 1 van NEN 6740.

4 Geotechnisch advies

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek dient vervolgens een geotechnisch advies te worden uitgebracht. Hierna wordt per boortechniek aangegeven welke onderwerpen in dit advies moeten worden behandeld.

4.1 Gestuurde boringen

- Beschrijving van de aangetroffen grondgesteldheid;
Aan de hand van deze beschrijving moet kunnen worden afgeleid in hoeverre de aangetroffen grondgesteldheid risico's met zich mee brengt voor het boorproces (bv. aanwezigheid van grind, zeer slappe grondlagen, laagscheidingen, etc.)

- Informatie over grondwaterstanden en stijghoogten van het grondwater in de watervoerende zandlagen;
- Grondmechanische parameters voor een eventuele sterkteberekening van de leiding (zie NEN 3650/3651/3652);

- Berekening maximaal toelaatbare boorvloeistofdrukken;
Deze druk is afhankelijk van de diameter van het boorgat, de diepteligging van het boorgat en de sterkte van de grond. Voor een diep gelegen boorgat kan een analytische berekeningswijze worden gehanteerd (zie NEN 3651). Deze berekeningswijze is gebaseerd op de ruimte-expansietheorie. Er wordt een grens gesteld aan de omvang van de plastische zone rondom het boorgat en daarmee aan de optredende deformatie van het boorgat, zodat geen noemenswaardige scheurvorming op kan treden. Voor cohesieve grondlagen is een extra toetsing nodig aan de limietdruk (de druk waarbij een theoretisch oneindig grote plastische zone ontstaat). De toelaatbare druk volgt dan uit een factor (0,9) maal de limietdruk. Andere bezwijkmechanismen kunnen maatgevend worden waardoor een andere berekeningswijze moet worden gehanteerd indien de diepte van het boorgat kleiner is dan bijvoorbeeld $5 \cdot D$. Meer nauwkeurigheid kan worden verkregen door het gebruik van de EEM-methode.

- Berekening minimaal benodigde boorvloeistofdrukken;
Om een horizontaal gestuurde boring uit te voeren moet in het boorgat een minimale boorvloeistofdruk kunnen worden opgebouwd. Deze druk is nodig om de geboorde grond af te voeren en het boorgat in stand te houden. Het ontwerp van de boring (diepteligging) dient zodanig te zijn dat de minimaal benodigde druk kleiner is dan de maximaal toelaatbare druk. De benodigde boordruk is onder meer afhankelijk van de boorgatlengte, de boorgatdiameter en de boorvloeistofeigenschappen. De pilotboring is in de meeste gevallen de maatgevende situatie. Bij ruimen en intrekken van de leiding zijn de benodigde drukken lager door een grotere boorgatdiameter en doordat de boorvloeistof in 2 richtingen kan afstromen. De minimaal benodigde druk in de boorgang wordt bepaald door de statische druk (diepteligging) en de druk die nodig is voor het op gang brengen van de retourstroming.

- Onderzoek naar mogelijke kwel langs de geboorde leiding;
Indien een boring plaatsvindt door een afdekkende waterremmende laag waaronder zich overspannen grondwater bevindt, kan een lekweg ontstaan. Het heersende grondwaterstromingspatroon mag door de aanleg en de aanwezigheid van de leiding niet worden verstoord. De van nature aanwezige kwel mag niet toenemen door kwel langs de leiding. Tijdens het boren dient hiermee rekening gehouden te worden door een goede keuze van het volumegewicht van de boorspoeling. Tijdens het maken van de aansluitingen wordt meestal de waterstand in de sleuf verlaagd. Het drukverschil over de lengte van het boorgat neemt daardoor toe. Hierdoor kan kwel optreden. In sommige gevallen kan een tijdelijke spanningsbemaling noodzakelijk zijn. Ook voor de lange termijn moet worden onderzocht in hoeverre kwel langs de leiding kan optreden. Getoetst moet worden of zowel bij het intrede- als bij het uittredepunt een eventuele kwelweg langs de leiding langer is dan de natuurlijke kwelweg én dat geen piping op kan treden.

- Invloed van het boren op de omgeving;
Tijdens het boorproces varieert de druk in de boorvloeistof sterk. Daarbij is de minimale druk gelijk aan de statische druk van de aanwezige boorvloeistofkolom. De maximaal optredende druk hangt sterk af van het boorproces. Door het boren wordt de spanningstoestand rondom het boorgat gewijzigd. De spanningsveranderingen in de grond uiteten zich in vervormingen van de grond rondom het boorgat. Nabij het intrede- en uittredepunt van de boring kan het boorgat instabiel worden doordat niet voldoende boogwerking optreedt. Aan het maaiveld manifesteert dit zich als een zakking. De lengte waarover deze zakking plaatsvindt is afhankelijk van de intrede- of uittredehoek van de boring en de diameter van het boorgat in relatie met de diepteligging. Ook kunnen maaiveldzakkingen optreden als op grotere diepte bijvoorbeeld bij boorproblemen een veel groter boorgat wordt gemaakt dan noodzakelijk is voor de leiding.

Behalve maaiveldzakkingen kunnen ook rijzingen van het maaiveld ontstaan, bijvoorbeeld als de druk van het boorgat te groot is. Hierbij kan expansie van het boorgat of uittreding van boorvloeistof optreden. Vooral bij een ondiepe ligging kan dit probleem spelen. Bekend is dat veenlagen nabij het in- en uittredepunt gevoelig zijn voor opdrukken.

Worden deformaties aan het maaiveld verwacht, dan betekent dit eveneens dat op staal gefundeerde constructies dicht bij het boortracé nadelig beïnvloed kunnen worden. Deformaties rondom het boorgat kunnen invloed hebben op de op die diepte aanwezige constructies, zoals paalfunderingen.

Funderingspalen in de nabijheid van de leiding mogen geen nadelige gevolgen ondervinden van de optredende gronddeformaties en het paal draagvermogen mag niet worden aangetast. Hiertoe dient voorkomen te worden dat boorvloeistof terecht komt bij de paalpunt en langs de paalschacht en dat ontspanning van de grond optreedt nabij de paalpunt.

De invloedzone van de paal reikt tot 4x de paaldiameter onder en naast de paal. De plastische zone rondom het boorgat moet dus buiten dit gebied blijven om schade aan de paalfundering te voorkomen. Door een grens te stellen aan de plastische zone op deze locaties, wordt ook de berekende maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk daarmee aangepast.

4.2 Buisdoorpersingen

- Beschrijving van de aangetroffen grondgesteldheid;

Aan de hand van deze beschrijving moet kunnen worden afgeleid in hoeverre de aangetroffen grondgesteldheid risico's met zich mee brengt voor het boorproces (bv. aanwezigheid van grind, zeer slappe grondlagen, laagscheidingen, etc.). In verband met een eventuele bemaling dient ook te worden aangegeven welke lagen watervoerend en welke lagen waterremmend zijn.

- Informatie over grondwaterstanden en stijghoogten van het grondwater in de watervoerende zandlagen;
- Grondmechanische parameters (inclusief zettingen) voor een eventuele sterkteberekening van de leiding (zie NEN 3650/3651/3652);
- Grondmechanische parameters voor eventuele damwandberekeningen;

- Invloed van het boren op de omgeving;

Deze invloed is sterk afhankelijk van het boorproces. Met betrekking tot de deformaties in de ondergrond spelen vooral de mate van oversnijding bij het graaffront en de grootte van de steundruk een rol.

BIJLAGE 2: SPECIFIEKE RISICO'S VAN GESTUURDE BORINGEN

1 projectvoorbereiding

In paragraaf 2.1 wordt de projectvoorbereiding van een algemeen boorproject beschouwd. Deze blijkt een aantal risico's in het totale proces te introduceren. Daarbij zijn er drie groepen risico's te onderscheiden: voortkomend uit het geotechnisch onderzoek, uit het ontwerp en uit het bestek. In aanvulling op de risico's uit paragraaf 2.1 kent de projectvoorbereiding voor maxi-boringen een aantal specifieke risico's. Deze worden vooral geïntroduceerd in het ontwerp en het bestek. Het betreft hier onder andere:

- technisch onverantwoord boorprofiel;
- intrede en uittredehoek onjuist;
- bochtstraal te klein ;
- boorprofiel te ondiep;
- onjuiste dimensionering leidingen → krachtwerking in leidingen;
- onjuiste materiaalkeuze.

Veel van bovenstaande punten zijn sterk gerelateerd aan de voor het werk benodigde berekeningen. Indien de parameters hiervoor niet goed zijn bepaald, dan wel niet goed worden verwerkt in de berekeningen ontstaan er onjuistheden in het ontwerp. Berekenen volgens vaste richtlijnen kan hier een gedeeltelijke oplossing zijn. Goede richtlijnen voor berekeningen worden o.a. gegeven in de NPR 3659: 1996, NEN 3651:1994 en NEN 3652 :1998. Daarnaast is accuratesse bij de ontwerper en bestekschrijver onontbeerlijk. Afstemming met de (beoogde) aannemer in deze fase kan later veel problemen voorkomen.

Er zij opgemerkt dat het grondonderzoek, mits goed uitgevoerd, geen specifieke risico's voor maxi-boringen met zich meebrengt. Dit betekent echter niet dat er geen risico's zouden zijn. De algemene risico's m.b.t.. geotechnisch onderzoek uit paragraaf 2.1 gelden ook voor maxi-boringen en wegen zwaar voor het gehele proces. Wel dient voorkomen te worden dat het de grondboringen van het grondonderzoek precies in het boortracé plaatsvinden.

2 werkvoorbereiding uitvoeringsfase

De werkvoorbereiding voor maxi-boringen kent geen andere risico's dan de algemene risico's bij werkvoorbereiding (tijd, procedures, ervaring personeel en informatie uit projectvoorbereiding) zoals in paragraaf 2.2 behandeld.

3 uitvoeringsfase: pilotboring

Bij het eerste deel van de uitvoeringsfase, de pilotboring, is een viertal typen risico te onderscheiden: risico's afhankelijk van grondlagen
risico's in het boorproces
risico's met het boorgat
overige uitvoeringsrisico's

ad 1. risico's afhankelijk van grondlagen

Elke grondlaag kent zijn eigen kenmerken. Te denken valt aan samenstelling, grootte gronddeeltjes, samenhang gronddeeltjes, etc.. Deze kenmerken zijn allen van invloed op het boorproces. Met de juiste gegevens kan de aannemer bepalen welk materieel er voor een boring ingezet moet worden. Moelijker wordt het als er meerdere grondlagen in het tracé voorkomen. Met name de overgangen kunnen voor problemen zorgen.

Een goed grondonderzoek (projectvoorbereidingsfase) kan een aantal risico's voorkomen danwel verkleinen. Er zijn echter altijd risico's die niet te voorkomen zijn. Onderkenning van deze risico's is de eerste stap naar beheersing. In de onderstaande tabel worden een aantal situaties gegeven met daaruit voortvloeiende gevolgen. Daarnaast worden potentieel preventieve maatregelen genoemd. De toepassing hiervan is echter zo situatie-afhankelijk dat de genoemde maatregelen nooit als "de ultieme oplossing" beschouwd mogen worden. Daarnaast zijn voor vele maatregelen nog niet de exacte werking bekend, wat dus extra risico's kan introduceren. Nader onderzoek voor een aantal maatregelen kan dan nuttig zijn.

Situatie/oorzaak	Gevolg	Suggesties
overgang van zachte naar harde grondlaag	- uitknikken pilot - afbreken boorbuis - afwijken boortracé	- ondersteuning boorstreng - onder grotere hoek aansnijden - juiste boorkop "bits of Mudmoter"
overgang van harde naar zachte grondlaag	- stuurproblemen	- muddruk / spoelingsvolume aanpassen - boorkop (afdrukvlak) aanpassen
boren in zoutwatergebieden / overgang zoet-/ zoutwater	- degeneratie boorspoeling → vastlopen pilotbuis	- aanpassen bentonietsamenstelling - toevoegen zoet water of additieven
Grind	- stuurproblemen - niet kunnen passeren - afbreken boorkop - vastdraaien pilot	- grind in kortste weg passeren - injecteren "aanpassen boorkop" - toevoegingen additieven
loopzand	- dichtklappen boorgat	- bentonietsamenstelling aanpassen
obstakels	- vastlopen pilot - afbreken pilot	- geologisch onderzoek - historisch onderzoek

Uit het bovenstaande blijkt dat het werken in verschillende grondlagen nogal wat risico's met zich mee kan brengen. Deze risico's vinden hun oorsprong vooral in de grondsamenstelling en het gekozen boortracé. Beide oorzaken liggen buiten het bereik van de aannemer.

Hoewel de aannemer geen directe invloed op deze oorzaken heeft, moet hij door middel van zijn procesparameters proberen om de risico's te beheersen.

Voor het juist instellen van deze parameters heeft hij wel correcte en volledige gegevens nodig, onder andere uit het geotechnisch onderzoek. Indien dit in de projectvoorbereiding niet, onjuist of onvolledig is uitgevoerd, ontstaan er problemen. Hier blijkt wederom het belang van een goed uitgevoerd grondonderzoek langs het boortracé.

ad 2. risico's in het boorproces

In het boorproces zelf komen de volgende risico's, directe aanleiding en mogelijke preventieve maatregelen voor:

Situatie/oorzaak	Gevolg	Suggesties
Boorradius	- te klein → beschadiging boorbuis of medium-voerende buis	- bij voorontwerp rekening mee houden
Slechte aanmaak boorspoeling	- instabiliteit boorgat	- monitoren eigenschappen boorspoeling
lengte boring	- haalbaarheid - stabiliteit boorgat	- juiste rig, pompen en boorstrengen (afhankelijk van diameters en grondsamenstelling (ontwerp))
interferentie van buitenaf ^(a)	- afwijking boortracé - afwijking uitredpunt	- andere meetsystemen - inschatting interferentie omgeving - controle op meetstelsel / uitvoeren gyro (achteraf) - storingsbron uitschakelen
foutieve keuze boorbit	- stuurproblemen - vastlopen	- af laten hangen van grondsamenstelling (geo-technisch onderzoek)

breuk boorbuis	- verliezen boring - verliezen materieel	- periodieke keuring boorbuizen en materieel
kabelbreuk / defecten steeringtool	- opnieuw starten pilot	- sleepkring op rig zodadig dat kabel niet meedraait tijdens boring

(a) interferentie door spoorlijnen, ondergrondse hoogspanningsleidingen, etc.

Een aantal oorzaken is verweven met het ontwerp. Daarnaast is er ook een verwevenheid met de werkvoorbereidingsfase en de fysieke omgeving van de boring.

De drie laatstgenoemde situaties zijn vaak verwant met de uitvoerder van de boring, vooropgesteld dat de voorgaande fasen goed doorlopen zijn.

Een goed vakmanschap van de ontwerper en de werkvoorbereider en uitvoerder is cruciaal.

Daarnaast blijft ook de onderlinge communicatie van groot belang. Beide factoren dragen bij aan het daadwerkelijk verkleinen van de risico's bij de boortechnieken.

ad 3. risico's met het boorgat

Risico's met het boorgat worden vooral geïntroduceerd door het boorproces zelf. Daar dit des aannemers is, zijn de gevolgen dat in principe ook.

Het optreden van een muduitbraak vormt hierop een uitzondering. Hiervan kunnen de oorzaken zeer divers zijn: te hoge muddruk (oorzaak en dus risico is des aannemers), onvoldoende of geen geotechnisch of historisch onderzoek, te ondiep tracé of het aantreffen van oude boorgaten en/ of peilbuizen (oorzaak en dus risico is des opdrachtgevers).

De preventieve maatregelen die genomen kunnen worden, zijn stuk voor stuk situatie-afhankelijk. Enkele maatregelen zijn de samenstelling van de boorspoeling en de samenstelling van het bentoniet. De samenstelling van de boorspoeling is mede afhankelijk van o.a. de grondsamenstelling en het aanmaakwater dat men gebruikt. De samenstelling van te gebruiken bentoniet kan per leverancier en zelfs per leverantie verschillen. Hierdoor fluctueert de kwaliteit van het bentoniet en daarmee de boorspoeling.

In de tabel op de volgende pagina worden de oorzaken, gevolgen en mogelijk preventieve maatregelen gegeven omtrent problemen met het boorgat.

Situatie/oorzaak	gevolg	suggesties
instabiliteit van het boorgat (waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van risico's)	- retourstroom verliezen - vastlopen boorstreng	- bentonietsamenstelling aanpassen - bij retourstroomverlies gedeelte boorstangen uittrekken
afpluggen boorgat	- retourstroomverliezen - drukverhoging	- bentonietsamenstelling aanpassen - bij retourstroomverlies gedeelte boorstangen uittrekken
muduitbraak	- retourstroomverlies heeft grote gevolgen voor boorgat	- bentonietsamenstelling aanpassen - bij retourstroomverlies gedeelte boorstangen uittrekken

ad 4. overige uitvoeringsrisico's

Hierbij gaat het om risico's in het boorproces, die niet in de voorgaande drie risico-groepen thuis horen. De belangrijkste twee zijn:

Situatie / oorzaak	gevolg	suggesties
defecte equipment	- stagnatie boring	- standby-equipment achter de hand hebben - goed onderhoud - reparatie ter plaatse
schade kabels en leidingen	- schade aan derden	- KLIC-melding

		- rekening houden met kruisingen kabels en leidingen - proefsleuven maken
--	--	--

Het eerste genoemde risico, is een aannemersrisico. Zijn ingezette materieel kan om diverse redenen defect raken.

Het tweede geval (schade aan kabels en leidingen) kan door foutieve (onvolledige) situatietekeningen geïntroduceerd worden. In dat geval is de verstrekker van de tekeningen (de opdrachtgever) verantwoordelijk.

Indien de schade veroorzaakt wordt door een afwijking van het boortracé groter dan de tolerantie, ligt de verantwoordelijkheid van de gevolgen bij de aannemer.

4 uitvoeringsfase: ruimen en intrekken

Het tweede deel van de uitvoeringsfase bestaat de volgende onderdelen:

1. ruimen
2. intrekken

Bij zowel het ruimen als het intrekken van horizontaal gestuurde boringen zijn de voorgaande fasen van groot belang. Zo zijn de grondeigenschappen van groot belang voor de keuze van de ruimer. Deze zijn bij het geotechnisch onderzoek reeds grotendeels bepaald. Ook de pilotboring levert hier een schat aan informatie.

ad 1. ruimen

De keuze van de ruimer wordt mede bepaald door onderdelen van de voorgaande fasen. De verantwoordelijkheid voor de correcte uitvoer van deze fase is daar reeds verklaard. Correcte interpretatie van deze gegevens en de daaruit volgende keuze voor de ruimer is een verantwoordelijkheid van de aannemer. Indien hij dit verkeert doet is hij dan ook verantwoordelijk voor de gevolgen.

De volgende risico's tijdens het ruimen kunnen vermeld worden:

Situatie / oorzaak	gevolg	suggesties
nozzles slijben dicht	- vermindering snij-eigenschappen - vollopen ruimer - blokkeren ruimproces	- terugtrekken ruimer
foutieve keuze ruimers (bijv. onjuiste snij-eigenschappen of foute opbouw ruimer)	- slechte menging cuttings en boorspoeling - instabiliteit boorgat -	- beter geotechnisch onderzoek - betere interpretatie geotechnisch onderzoek - gebruik ervaring pilotboring - juiste interpretatie voorgaande fasen - barrelreamer in 2^e ruimfase voor ruimer plaatsen
te snelle / langzame uitvoering van het ruimen	- instabiliteit boorgat - vervorming boorgat - losraken obstakels en blokkering boorgat	- rekenregels relatie ruimsnelheid, pompcapaciteit, boorspoeling en grondsamenstelling - rustiger ruimen
defecten aan ruimer	- breuk van joint / schroefkoppeling - breuk van drillcollar - slijtage body van de ruimer - afbreken snijtanden en/of	- regelmatige controle equipement, inclusief verslaglegging

	nozzles - vollopen barrelreamer met boorspoeling (sterke toename torque en trekkracht)	
obstakels in grond ^{1,2}	- vastlopen bredere ruimer in smal boorgat van pilotboring (m.n. tweedelige ruimer) - beschadiging ruimer (snijtanden, nozzles, afschuren)	- pilotboring goed vastleggen - historisch grondonderzoek - tracé verlaten, nieuw tracé kiezen - controle materieel - roteren van de ruimer i.p.v. voor- en achteruit (bij vastlopen ruimer)

De opbouw van de ruimer en de uitvoering van de ruimfase zijn zaken van de boormeester of uitvoerder. De gevolgen van een foutieve opbouw of uitvoering vallen dan ook onder de verantwoordelijkheid van de aannemer.

De risico's op defecten aan de ruimer kunnen verminderd worden door het controleren van de equipment voor, tijdens en na het ruimen. Dit is een verantwoordelijkheid van de aannemer. De opdrachtgever doet er verstandig aan om een aannemer in te huren die dergelijke controles als onderdeel van het boorproces in zijn bedrijfsvoering heeft opgenomen.

ad 2. intrekken

Bij het intrekken kunnen de volgende risico's vermeld worden:

Situatie / oorzaak	gevolg	suggesties
defect swivel (bijvoorbeeld breuk)	- overmatig gebruik olie of vet (lekkage uit swivelhuis) - overbelasting (meestal combinatie te hoge torque en trekkracht)	- draai-uren registreren - regelmatig onderhoud
defect boorstelling	- mislukken van boring	- regelmatig onderhoud
trekkop (bij PE-buizen)	- overbelasting trekkop	- belasting relateren aan productpijp en capaciteit boorstelling ipv trekkrachtberekening
invoerbocht niet goed	- te grote drukken - pijp niet goed in boorgat	- voldoende uitlegterrein - aandacht voor kromtestraal - ondersteuning op juiste hoogte aanbrengen - piekbelastingen voorkomen (beschadiging uitwendige coatings)
gevallen of defecte boorpijpen (bijvoorbeeld krom of ingesleten schroefdraad)	- overbelasting - verlies boorpijp (vaak verlies van boorgat)	- boorpijpen regelmatig en na zware belasting laten controleren door derden

¹ Bij vermoeden van oude fundamente kan een historisch onderzoek plaats vinden. Dit is voor de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever.

² Tijdens de pilotfase kan de boorkop een obstakel met geen of weinig problemen passeren. Een goede verslaglegging van de pilotboring is een vereiste. Het te ruimen boorgat is echter meestal veel groter dan het boorgat van de pilotboring. Hierdoor wordt de zijdelingse verplaatsing mogelijk van de ruimer op het moment dat de ruimer tegen het obstakel oploopt zeer beperkt en kan de ruimer soms alleen met veel kracht langs het obstakel getrokken worden.

dodebed	- verplaatsing boorstelling - vastlopen boring - bezwijken dodebed	- berekenen op maximale trekkracht boorstelling - invloed ontgraving voorzijde dodebed in berekening meenemen
beschadiging uitwendige coatings	- afkeuring pijpen	- bij schade kathodisch beschermen - bij schade uittrekken
overschrijding maximale trekkracht op productpijp	- vastlopen intrekoperatie - defect aan productpijpen	- afweging of doorgaan verantwoord is - terugtrekken productpijp - ballasten productpijp

De bovengenoemde risico's hebben allen te maken met materieel en materiaal, zaken die primair voor de verantwoordelijkheid van de aannemer zijn.

5 afwerking

Na de fase van het ruimen en intrekken komt de laatste fase van het totale project: de afwerking. De afwerking bestaat voornamelijk uit het maken van de aansluitingen. Dit brengt een tweetal zaken met zich mee:

1. het naar boven komen van kwelwater
2. het afvoeren van bentoniet

ad 1. kwelwater

Bij het naar boven komen van de boring / buis is het mogelijk dat er kwelwater mee komt. Een groot risico hierbij is het "overstromen" van de omgeving (het ontstaan van een del). Het afdichten van het gat rond de pijp is een van de mogelijke maatregelen. Een andere mogelijkheid is het tijdelijk verlagen van de grondwaterstand. Het is helaas niet overal toegestaan een dergelijke bemaling te laten uitvoeren.

ad 2. bentoniet

De gebruikte bentoniet moet worden afgevoerd. Indien het gaat om (nagenoeg) schoon bentoniet, geeft de afvoer hiervan weinig problemen. Echter, bij het maken van een boring wordt vaak gewerkt met het recycling van bentoniet. Licht vervuilde bentoniet wordt gerecycled waarbij de schone bentoniet weer wordt ingezet terwijl de vervuiling achterblijft in een kleine, inmiddels sterk vervuilde, fractie bentoniet. Naarmate dit proces vaker wordt toegepast raakt de achterblijvende fractie steeds zwaarder vervuild.

Uiteindelijk houdt men op deze manier een restfractie over die voor opslag en / of storting afgevoerd moet worden naar een bevoegde afvalverwerker.

BIJLAGE 3: SPECIFIEKE RISICO'S VAN GESLOTEN FRONTBORINGEN

1 projectvoorbereiding

In hoofdstuk 2 zijn algemene risico's van projectvoorbereiding naar voren gekomen die ook gelden voor de projectvoorbereiding van een schildboring:

1. risico's naar aanleiding van onvoldoende of onjuist geotechnisch onderzoek;
2. risico's geïntroduceerd bij het ontwerp van de boring;
3. risico's voortkomend uit onvolledig of deels onjuiste bestekken en / of tekeningen.

Het specifieke karakter van schildboringen introduceert echter extra risico's.

ad 1. nieuwe risico's bij het geotechnisch onderzoek

Het werken met pers- en ontvangputten brengt een uitbreiding van het geotechnisch onderzoek met zich mee. Hierbij wordt vooral gekeken naar:

- het verticale evenwicht in de bouw bodem. Dit bepaalt mede de dimensionering van de putten;
- naast het uitvoeren van sonderingen en boringen moeten er bij de putten peilfilters geplaatst en afgelezen worden.
- het historisch onderzoek is kritischer daar men niet om obstakels heen kan boren. Nieuwe onderzoekstechnieken als radar en de prikneus kunnen hierbij aanvullende informatie leveren.

Voor de verantwoordelijkheid voor de gevolgen van de risico's wordt verwezen naar paragraaf 2.1.

ad 2. nieuwe risico's door het ontwerp

a. pers- en ontvangstputten / tijdelijke constructies

Naast het ontwerp van de boring moeten er ook pers- en ontvangst putten ontworpen worden. Dit brengt de volgende risico-factoren mee:

- dimensionering van de damwanden (damwandlengte en stempels);
- zakkings door het plaatsen en verwijderen van damplanken;
- de ontstane krachten als gevolg van de doorpersingen bepalen mede de dimensionering van de persput én van de boorbuizen;
- water in de putten is mede te voorkomen door bemaling en goede onderwater-betonvloeren;
- de ontstane krachten als gevolg van mogelijke afwijkingen van het boorprofiel tijdens het boren;
- perskrachten;
- achterblijven delen van de tijdelijke constructies.

Bij het bovenstaande moet worden opgemerkt dat pers- en ontvangputten door opdrachtgevers / ontwerpers vaak worden gezien als tijdelijke constructies. Hierdoor wordt het ontwerp en de uitvoering vaak aan de aannemer overgelaten. Als gevolg hiervan worden de putten soms te zuinig ontworpen en kunnen tijdens de uitvoering problemen ontstaan. Richtlijnen voor het ontwerp van putten kunnen dergelijke problemen verminderen.

b. bemaling

Met het gebruik van pers- en ontvangputten, waarvan de bodem zich vaak onder het grondwaterpeil bevindt, dient er bemaling plaats te vinden om de putten watervrij te houden. Het belang hiervan is duidelijk indien men beseft dat zowel mens als machine zich vaak onder grondwaterpeil bevinden. Voor het opstellen van een bemalingsplan is geotechnisch onderzoek van groot belang. Risico's die de bemaling met zich meebrengt zijn:

- vertraging door vergunningsprocedure: afhankelijk van kwantiteit en tijdsduur van bemaling is een vergunning nodig. Dit kan 3 tot 6 maanden duren (zie hoofdstuk 2 paragraaf 2).
- zettingen door bemaling: deze zijn moeilijk te voorkomen (zie paragraaf 2: werkvoorbereiding)
- kwaliteit van het te lozen water: dit heeft gevolgen voor een eventuele vergunning.

De opdrachtgever dient zorg te dragen voor de vergunning voor de bemalingen. In principe is de eventuele vertraging door het ontbreken van een juiste vergunning dus zijn verantwoordelijkheid. Kortdurende bemalingen ten behoeve van het doorvoeren hoeven slechts gemeld te worden (mits de kwaliteit van het te lozen water voldoende is). Dit komt voor verantwoordelijkheid van de aannemer.

ad 3. nieuwe risico's door bestek en tekeningen.

Bij het item "bestek en tekeningen" worden feitelijk weinig **nieuwe** risico's geïntroduceerd ten opzichte van paragraaf 2.1.

2 werkvoorbereiding uitvoeringsfase

De specifieke factoren die tijdens de werkvoorbereiding voor een schildboring bepaald moeten worden, alvorens de daadwerkelijke uitvoering opgepakt wordt, zijn de volgende:

- a. het bepalen van de te gebruiken techniek
- b. omgaan met bochten in het tracé
- c. omgaan met bodemverplaatsingen / zettingen

ad a. bepalen van de te gebruiken techniek

Het slagen van een schildboring hangt nauw samen met de druk tussen het graaffront en de drukwand van de boormachine, kortweg de frontsteundruk. Afwijkingen in deze frontsteundruk brengen de volgende risico's mee:

- het ontstaan van zetting (waarbij de frontsteundruk te laag is);
- het opduwen / verdrijven van teveel grond (waarbij de frontsteundruk te hoog is).

Beheersing van de frontsteundruk wordt mede bepaald door de grondsoort en de gebruikte techniek (mechanisch grondsteun, vloeistofschild, gronddrukchild, etc.).

Bij al deze technieken kan de frontsteundruk (beperkt) aangepast worden door het aanpassen van grondafvoer achter de boormachine en door het veranderen van de graafsnelheid.

Theoretische relaties tussen grondsoort en te gebruiken schild en materieel zijn altijd indicatief. De keuze voor een type schild wordt gemaakt door een vakman op basis van ervaringen, waarbij de grondsoort één van de aandachtspunten is. Daarnaast kunnen de verschillende schild-technieken vaak ook in de andere grondlagen worden toegepast. Daar er regelmatig wordt gewerkt in verschillende grondlagen is dit ook nodig.

Ter bepaling van de te hanteren boormachine met type boorfront is kennis van de grondlagen onontbeerlijk. Een goed grondonderzoek is derhalve een vereiste. Zowel de opdrachtgever als leverancier van deze gegevens en de aannemer als gebruiker moeten hier voldoende bij stil staan. Daarnaast is kennis van en ervaring met de boortechniek van wezenlijk belang om de kritische parameters in te schatten en indien nodig aan te passen, waardoor hier de menselijke factor mede bepalend is voor het eindresultaat van de boring. Dit vraagt tijdens de uitvoering om een ervaren boommeester.

ad b. schildboringen met een bocht in het tracé

Hoewel rechtlijnige tracés bij schildboringen vaak de voorkeur hebben, kunnen er ook bochten in het tracé gemaakt worden. Dit heeft echter gevolgen voor het proces. De krachten bij de buisdoorpersing worden in een rechtlijnig tracé gelijkmatig verdeeld over de voeg tussen twee buissecties. Bij een bocht is deze krachtenverdeling anders. Hierdoor treedt voegwerking op. Dit is het "openen van de voeg tussen twee buissecties". Dit brengt risico op verlies aan waterdichtheid met zich mee. Procesparameters die voor verkleining van de voegopening en dus voor de verbetering van de waterdichtheid zorgen, zijn:

- het vergroten van de kromtestraal in het tracé;
- het verkorten van de lengte van de lengtsecties van de buisleidingen;
- verminderen van de doorperskracht;
- bocht aan het einde van het tracé;
- afdichten door lassen aan te brengen.

Voor de waterdichtheid van het systeem is het van belang dat de lengte van de moffen aangepast wordt (ontwerpfase) op de te verwachten voegopening en dat men alleen buizen met aangegoten moffen gebruikt. Al deze aandachtspunten dienen in het ontwerp meegenomen te worden, maar worden in de voorbereidingsfase van de uitvoering uitgewerkt in het boorplan.

Daarnaast kan er bij het maken van een bocht "gaping" optreden. Een bewerkelijke methode om dit tegen te gaan is het aanbrengen van trek vaste koppelingen tussen de segmenten. Daar dit intern moet gebeuren heeft dit vaak gevolgen voor de doorvoer van product of productpijpen en kabels. Ook in een recht tracé kan overigens gaping voorkomen. Oorzaken hiervan kunnen zijn correcties van lichte afwijkingen van het boortracé of het wegdraaien in slappe grond. Tijdig onderkennen van

afwijkingen en wegdraaien zijn van groot belang. Tijdens het boorproces dient dan ook een continue controle te zijn door een ervaren persoon met de juiste meettechnieken.

ad c. bodemverplaatsingen / zettingen

Het schildboren brengt vrijwel onvermijdelijk zettingen met zich mee. Deze worden veroorzaakt door het veranderen van de spannings- en vervormingstoestand (druk) van de omringende grond. Daarnaast brengen, naast het boorproces zelf, ook de bemalingen een verhoogd risico op zettingen met zich mee.

Het risico van zettingen is de eventuele schade aan bestaande bouwwerken. Hierdoor dienen zettingen tijdens het boorproces beheerst te worden. Zettingen zijn afhankelijk van o.a.

1. grondeigenschappen en grondwaterdruk;
2. diameter buis en diepteligging tracé;
3. plaatsen en verwijderen van damwanden;
4. wijze van ontgraving en wijze van ondersteuning van het boorfront;
5. voortgangssnelheid.

De eerste factor dient uit het geotechnisch onderzoek naar voren te komen. Samen met de tweede factor dient dit in het ontwerp meegenomen te worden.

De laatste drie factoren zijn ter bepaling aan de aannemer, op basis van de hem aangereikte gegevens.

Omdat zettingen vrijwel onvermijdelijk zijn, is het zaak om *van te voren (al tijdens het ontwerp)* in te schatten welke gevolgen ze hebben voor de gebouwde omgeving. Hiervoor dient een nulmeting te worden uitgevoerd en moeten bestaande schades in de omgeving worden vastgelegd. Als dit niet is gebeurd, of als er twijfel bestaat, dient in risicovolle gebieden de aannemer zelf de metingen te verrichten.

Als de zettingen niet door beheersing van de bovenstaande factoren beperkt kunnen worden, moeten er maatregelen getroffen worden om schade tegen te gaan. Twee mogelijkheden worden hierbij aangehaald:

- voorkomen dat een bouwwerk gaat zetten, bijvoorbeeld d.m.v. ondergrouten of onderpinnen;
- voorkomen dat de zettingstrog zich uitstrekt tot onder de fundering van een bouwwerk, bijvoorbeeld d.m.v. het plaatsen van grondkerende schermen.

Hierbij speelt de aard van de grond en de mate waarin zij zich laat behandelen een bijkomende maar belangrijke rol.

3 uitvoering

In de uitvoeringsfase van de schildboringen komen een aantal aandachtspunten naar voren:

- a. opstellen van boorequipment en situering van putten
- b. ervaring boormeester
- c. plaatsen en trekken van damwanden
- d. doorvoering
- e. verbinding tussen productpijpen
- f. defecten aan boorequipment en tussenstations

ad a. opstellen van boorequipment en situering van putten

De ervaring van een aannemer leert hem hoeveel ruimte er nodig is voor de opstelling van equipment en het plaatsen van putten. In stedelijke gebieden kan dit echter een probleem opleveren daar de ruimte hier vaak zeer beperkt is. Ook de aan- en afvoer van materiaal en materieel kan in stedelijke gebieden tot problemen leiden.

Het risico van de beperkte ruimte, zowel wat betreft werk als logistiek, ligt met name op het vlak van vertragingen.

ad b. ervaring boormeester

De boormeester moet voor en tijdens het boorproces een groot aantal zaken in de gaten houden en zonodig aanpassen:

- voortgangssnelheid in relatie tot frontsteundruk, zettingen en tijdsplanning
- aannames betreffende boorparameters als bentonietamenstelling, vloeistofstroom en drukken

- stuurcorrectie om binnen de toleranties m.b.t. boorlijn te blijven
- aannames m.b.t. het aantal tussenstations
- etc.

De boormeester moet dus een goed inzicht hebben in het boorproces en de randvoorwaarden. Ook moet hij ter plaatse direct maatregelen kunnen nemen om tijdens het proces de juiste aanpassingen te maken.

Dit betekent dat de boormeester veel ervaring met en kennis over boorprocessen moet bezitten.

ad c. plaatsen en trekken van damwanden

Het plaatsen en trekken van damwanden brengt diverse risico's met zich mee:

- foutief heien leidt tot niet-waterdichte damwandkuipen;
- de persput moet zodanig geconstrueerd en geplaatst zijn dat de perskrachten goed overgedragen worden op de achterliggende grond;
- heien en met name trekken van damwanden kunnen zettingen veroorzaken.

ad d. doorvoering

Een groot punt van zorg is de doorvoering tijdens de werkzaamheden. Zowel in de pers- als de ontvangstput dient deze waterdicht te zijn. Het kan zijn dat de buis op de damwand zakt, de kans op vervorming en lekkage op het invoerpunt / uitredpunt is dan zeer reëel. Lekke doorvoeringen zorgen vaak voor overlast in de pers- of ontvangstput en zijn mogelijk een begin van zettingen en mogelijke gevolgschade.

ad e. verbinding tussen productpijpen

Bij lasverbinden tussen stalen buizen is de coating het belangrijkste aandachtspunt. Bij het mislukken van het aanbrengen van de coating of het beschadigen van de coating in een later stadium kan dit ter plaatse van de las niet meer hersteld worden.

Voorzichtige behandeling van de buizen is hier dus van belang.

Bij spiemof-verbindingen zijn er twee aandachtspunten.

Ten eerste moeten de houten drukverdeelringen zodanig geplaatst worden dat de drukspanning zo gelijkmatig mogelijk over het buisoppervlak verdeeld wordt. Bij ongelijkmatige drukverdeling bestaat het risico dat de voorste pijp scheef weggedrukt wordt. Deze afwijkingen van het boorprofiel moeten worden voorkomen.

Daarnaast moet de plaatsing van de rubberringverbinding goed worden uitgevoerd daar reparatie niet of nauwelijks mogelijk is. Een foutieve rubberringverbinding kan de waterdichtheid van het systeem aantasten.

ad f. defecten aan boorequipement en tussenstations

Regelmatig onderhoud en controles van boorequipement en tussenstations kunnen mankementen vroegtijdig aan het licht brengen, waardoor reparatie tijdens het boorproces niet nodig is. Echter, ondanks alle zorg voor het boorproces en voor materiaal en materieel zijn defecten nooit geheel te voorkomen.

4 afwerking

Bij de afwerking ontstaan de grootste risico's bij het verwijderen van de werkputten en damwanden. Het is van groot belang dat dit verwijderen op een trillingsarme wijze gebeurt. Indien dit niet het geval is, kunnen er zettingen van het maaiveld, van bebouwing en van de nieuw aangelegde en bestaande leidingen optreden.

BIJLAGE 4: SPECIFIEKE RISICO'S VAN OPEN FRONTBORINGEN

1 projectvoorbereiding / werkvoorbereiding

Voor de algemene risico's bij de projectvoorbereiding en werkvoorbereiding wordt verwezen naar hoofdstuk 2. Aanvullende risico's bij deze stadia van het boorproject zijn de volgende:

1. buismateriaal
2. lengte tracé
3. krachtberekening
4. diepte van het tracé

ad 1. buismateriaal

Tijdens de projectvoorbereiding bij de open frontboringen speelt de ontwerper een cruciale rol. Een van zijn aandachtspunten zal het buismateriaal zijn. Door de enorme krachten die op de leidingen worden uitgeoefend is de materiaalkeuze belangrijk. De buis moet sterk genoeg zijn om uitgeoefende krachten te kunnen opvangen en over te dragen naar andere segmenten.

ad 2. lengte tracé

Bij grotere boorlengten moet de diameter niet te klein worden genomen. De buizen zijn enigszins flexibel. Indien deze flexibiliteit de overhand krijgt (te kleine diameter voor de lengte) kan de boring van het gewenste boortracé weggelopen.

ad 3. krachtenberekening

In dit kader luistert de krachtenberekening op de boring en op de buizen zeer nauw. Enerzijds moeten de krachten voldoende zijn om de boring goed te laten verlopen (aandrijving snijkop, inpersen buisleidingen). Anderzijds dienen de krachten niet zo groot te worden dat de buisleidingen de krachten niet meer aan kunnen.

ad 4. diepte tracé

Een ander aandachtspunt bij de projectvoorbereiding is de diepte van het boortracé. Het boortracé moet vrij zijn van (grond)water. Dit betekent bij een te hoog grondwaterpeil dat een bemalingsplan opgesteld moet worden.

2 uitvoering

In de uitvoeringsfase van een boorproject kunnen diverse problemen optreden. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar problemen, voortkomend uit de geotechnische situatie ter plaatse en problemen die uit het proces zelf voortkomen:

geotechnische problemen:

1. diverse slappe en stevige grondlagen
2. grondwater
3. grondsoort

boorproces:

4. drukbed
5. droogstaan totale boring
6. verzakking
7. stukgaan equipment

ad 1. diverse slappe en stevige grondlagen

De boring heeft de neiging om de weg van de minste weerstand te kiezen. Dit betekent dat er bij een boorprofiel door verschillende of heterogeen samengestelde grondsoorten afwijkingen van het geplande tracé mogelijk zijn. De voorkeur gaat dan ook uit naar het zoveel mogelijk door een homogene laag boren.

ad 2. grondwater

Door het open karakter van de snijkop staat het inwendige van de buis min of meer in open contact met de voorkant van de boring. Indien daar water aanwezig is zal dit naar binnenstromen. Voor de

boring ontstaat een "holle ruimte" die verdere ontgraving vrijwel onmogelijk maakt. Een goed bemalingsplan is dan ook onontbeerlijk

ad 3. grondsoort

Bij grondlagen die bestaan uit grof zand en / of grind kan de wrijving bij de boring en het invoeren van de buizen sterk oplopen. Ze kunnen hierdoor vastlopen. Als mogelijke maatregel kan men denken aan toevoeging van bentoniet.

ad 4. drukbed

Het drukbed ondervindt tijdens de boring grote krachten. Indien het drukbed deze krachten niet kan opvangen, ontstaat het risico van "wegdrukken". Hierbij wordt het drukbed weggedrukt, in plaats van dat de buizen de grond ingedrukt worden. Dit betekent stagnatie of vastlopen van de boring.

ad 5. droogstaan totale boring

Tijdens de boring moeten de pers- en ontvangstputten vrij van water blijven. Met behulp van peilfilters kan men dit controleren en problemen tijdig signaleren.

Een bemaling is vrijwel altijd noodzakelijk. Om de continuïteit hiervan te bewaken dient bij het uitvallen van de stroomvoorziening van een bemaling automatisch overgeschakeld te worden naar een noodaggregaat.

Ook langdurige regenval kan op dit gebied tot risico's leiden. Dergelijke weersinvloeden kunnen de grondwaterstand onverwacht snel doen stijgen, met alle gevolgen van dien.

ad 6. verzakking

Indien er teveel wordt oversneden of te ver voor de snijkop wordt ontgraven, ontstaat het risico van verzakking. Door het project goed uit te voeren kan men deze risico's verminderen. Door bijvoorbeeld fluctuaties in de grondaagsamenstelling kan verzakking echter nooit helemaal uitgesloten worden. Ook door het verlagen van het grondwaterpeil kunnen zakkingen van zowel het object als de omgeving optreden. .

ad 7. stukgaan equipment

Door allerlei oorzaken kan equipment tijdens de boring het begeven. Hierover is in hoofdstuk 2 reeds het nodige gezegd.

Speciaal voor open front boringen is het risico op afbreken van de avegaar. Een mogelijke risico-beperkende maatregel kan zijn het aanpassen van de indruksnelheid waardoor grond beter kan worden afgevoerd.

3 afwerking

De grootste risico's bij de afwerking ontstaan bij het verwijderen van de tijdelijke pers- en ontvangstputten. Gevaar op zettingen en verzakking van de pas aangelegde leidingen is reëel als dit verwijderen niet op een correcte wijze gebeurt.

BIJLAGE 5: SPECIFIEKE RISICO'S VAN RAKETBORINGEN

Bij raketboringen wordt gebruik gemaakt van een pneumatische buisdoorpersing. Hierbij wordt een bodempersraket voor of achter de buisleiding geplaatst (resp. impact moling en impact ramming). De persraket bestaat uit een penumatisch beweegbare zuiger in een stalen cylinder. De zuiger wordt d.m.v. perslucht met kracht tegen de voorkant van de cylinder geslagen. De raket wordt op deze wijze naar voren gestoten.

Nadeel van de techniek is dat raketboringen nauwelijks tot niet bestuurbaar zijn.

De meeste risico's van raketboringen stemmen overeen met die van open front boringen. Toch zijn er enkele aanvullingen.

1 projectvoorbereiding / werkvoorbereiding

De volgende risico-factoren kunnen bij de projectvoorbereiding en werkvoorbereiding van een raketboring (via impact ramming) onderkent worden:

1. materiaalkeuze
2. berekening slagkracht

ad 1. materiaalkeuze

Deze is erg belangrijk. Door de krachten die de pneumatische raket op het buismateriaal overbrengt dient het materiaal zeer sterk te zijn. Bij raketboringen is het buismateriaal dan ook vrijwel altijd staal.

ad 2. berekening slagkracht

De slagkracht zorgt voor de voortgang van de boring. Dit luistert nauw. Indien deze te weinig is, komt de boring niet ver genoeg. Indien de slagkracht te sterk is, ontstaat kans op vervorming van de buizen. Een juiste berekening is dan ook zeer belangrijk.

Naast deze risico's gelden ook de risico's met betrekking tot het bemalingplan, de dimensionering van de pers- en ontvangstputten en de diepte van het tracé (zie ook bijlage 4 punt 1).

2 uitvoering

Naast de risico's, voortkomend uit de geotechnische situatie en het boorproces (zie ook bijlage 4 punt 2) is er sprake van specifieke risico's voor impact ramming:

1. opdrukken grond
2. dichtslaan buizen

ad 1. opdrukken grond

Indien de grond niet meer door de buis afgevoerd kan worden, ontstaat er een ophoping van grond aan de voorkant van de boring. Dit kan ontwijken naar boven waardoor de grond op maaiveldniveau wordt opgedrukt. Om dit tegen te gaan is het leegspuiten van de buizen met een luchtlans een mogelijke maatregel.

ad 2. dichtslaan buizen

Bij een te grote (slag)kracht op de buizen is het dichtslaan van de buizen een reële mogelijkheid. Een goede berekening vooraf en een controle tijdens het boren zijn mogelijkheden om de kans hierop te verkleinen.

3 afwerking

Voor de afwerking gelden dezelfde risico's als bij open front en gesloten frontboringen (zie bijlagen 3 en 4).

