

Hoofdrapportage

Perstechniek

Wat zijn de technische belangen bij het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode?

Auteur:

Bon, Marloes (studenten nummer 571515)

Opdrachtgever:

Civiele technieken deBoer bv

deBoer

Civiele technieken deBoer bv

Begeleiding:



Begeleiding:

Document nummer	2018-RAP-001
Revisie	1.0
Datum	27-05-2019
Status	Definitief

Hoofdrapportage

Bedrijf:

Instelling: Hogeschool Arnhem en Nijmegen
Ruitenberglaan 26
6826 CC Arnhem

Opleidingsnaam: Civiele Techniek deeltijd, Project Management Infra (PMI)
Faculteit: Techniek
Leerweg: Deeltijd

Revisiebeheer

Revisie	Omschrijving	Opsteller	Datum
0.1	Opzet rapport	M. Bon	17-01-2019
0.2	Besproken punten verwerkt en rapport aangevuld	M. Bon	09-02-2019
0.3	Rapport door genomen met HAN begeleiders	M. Bon	19-02-2019
0.4	Rapport aangevuld	M. Bon	22-03-2019
0.5	Rapport aangepast naar aanleiding van interne controle, deze is nu concept t.b.v. tussenpeiling	M. Bon	12-04-2019
0.6	Alle opmerkingen aangepast en rapport aangevuld	M. Bon	01-05-2019
0.7	Samenvatting en conclusie aangepast	M. Bon	17-05-2019
1.0	Definitief	M. Bon	27-05-2019

Hoofdrapportage

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie waarin onderzoek is gedaan naar de “open sleuf” methode. De kennis vertaald naar een “standaard” waarin de verschillende aspecten welke van toepassing zijn bij het toepassen van de betreffende technieken met een korte analyse worden beschouwd. Dit in verband met de aanwezige risico's en kennis van dit type bouwtechniek. Het onderzoek is uitgevoerd bij en voor Civiele technieken deBoer bv en dient als afronding voor de opleiding Civiele techniek deeltijd van de Hogeschool Arnhem en Nijmegen. De scriptie is geschreven in de periode van September 2018 tot en met juni 2019.

Ik wil graag in het bijzonder mijn afstudeerbegeleiders, Joost Beumer en Jan Willem Warner bedanken voor het begeleiden en adviseren tijdens het proces. Daarnaast gaat mijn dank uit naar mijn collega's voor het tonen van hun interesse en samenwerking tijdens het afnemen van interviews en vragenlijsten.

Tevens wil ik mijn begeleiders van de Hoge school Arnhem Nijmegen, Ernst Rob en Ruud de Boer bedanken voor hun begeleiding, feedback en interesse die ze hebben getoond.

Ik vond het leuk om me te verdiepen in de perstechniek methode en heb dit rapport met plezier geschreven.

Ik wens u veel leesplezier.

Marloes Bon

Hoofdrapportage

Samenvatting

Het denken over bouwen verandert voortdurend; vanuit de markt groeit de vraag naar hindervrij/ -arm bouwen. Ontwikkelingen stoppen hierin niet, objecten worden zwaarder, groter en hoger waarbij grenzen worden opgezocht op het gebied van technieken en methodieken. Dit geldt ook voor de technieken om de objecten in te brengen. Aangezien de schuif- en perstechnieken een breed spectrum bevat, is er in dit onderzoek de focus gelegd op het verplaatsen van objecten/ kunstwerken welke worden uitgevoerd met behulp van de “open sleuf” methode.

In dit rapport is onderzoek gedaan naar de technische belangen van het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode. Het rapport is opgebouwd uit deelvragen welke uiteindelijk dienen om de hoofdvraag op een goede wijze te beantwoorden. De deelvragen zijn beantwoord op basis van het ervaringenonderzoek en het hoofdonderzoek waarbij een praktijkproef is uitgevoerd.

Dit onderzoek is opgesteld met als doel, de kennis vanuit de ervaringen en onderzoeken te vertalen naar een “richtlijnen standaard” om uiteindelijk potentiële opdrachtgevers in een vroeg stadium van het ontwerpproces op een goede wijze te kunnen bedienen in de vorm juiste informatie.

In de “richtlijnen standaard” wordt met een korte analyse de “open sleuf” methode samengevat, zodat deze goed te beschouwen is. In deze beschouwing komen kritische factoren duidelijk in beeld. Met deze gegevens wordt een “richtlijnen standaard” gedefinieerd, waarmee in de offertefase al een onderbouwd voorontwerp gemaakt kan worden van de pers operatie, waardoor risico's eerder en beter in beeld worden gebracht.

Om het doel van dit onderzoek te behalen zijn er deelvragen opgesteld. Deze worden met behulp van een praktijkproef en diverse onderzoeken beantwoord. De antwoorden op de deelvragen hebben een handvat gevormd voor het opstellen van de standaard.

Door het uitvoeren van de praktijkproef kreeg het onderzoek een verrassende wending. Dit kwam door resultaten vanuit de praktijkproef ten opzichte van de verwachte uitkomsten vanuit het bronnenonderzoek en interviews.

Om de “richtlijnen standaard” nog verder te kunnen complementeren, zijn er nog nadere stappen noodzakelijk, om tot een goed en betrouwbaar resultaat te komen. Tevens zal er bij het toepassen van de standaard wel of niet eventuele aanpassingen nodig zijn. Nader onderzoek is nodig voor de toepasbaarheid in de praktijk bij potentiële opdrachtgevers.

Tevens zullen in de aanbeveling richting CT deBoer de zaken aan bod komen waar nog nader onderzoek voor nodig is om een goede en betrouwbare standaard te creëren voor de toekomst. Deze zaken zijn helaas niet opgenomen in dit onderzoek.

De hoofdvraag wordt beantwoord met behulp van de “richtlijnen standaard”. De deelvragen zijn verwerkt in de “richtlijnen standaard”. In de standaard is gemakkelijk af te lezen wat de technische belangen zijn bij het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode.

Hoofdrapportage

Abstract

The ideas about building change constantly, the demand for building without any hinder (*rises*). Developments in this area do not stop, objects become heavier, bigger and higher. In the area of engineering and *methodologies*, boundaries are being pushed. Logically, the same goes for the techniques that *are* used to build things, they need to adjust to these developments. Since the techniques of skidding and pressing contain a large spectrum of activities, *will* the current study focus on the moving of objects or artwork which are carried out using the “open trench” method.

The research that was conducted focused on the technical interests of pressing a tunnel into position using the open trench method. The research has been set up using sub-questions with the aim of answering the main research question. The sub-questions have been answered by carrying out a literature study and a practical test.

The aim of this study is to translate the gained knowledge based *on* previous experiences and research into standardized guidelines. By that, potential clients can be presented with valid information in the early stages of the process of designing a tunnel. In the guidelines, the “open trench” method has been *summarized* through a short analysis for a proper understanding of the method where all the critical factors will be addressed. The data gathered by the current research report will form the foundations of these guidelines. Hereby, possible risks will be better identified in an earlier stage of *the process*.

The aim of the study will be obtained by answering several sub-questions. These will be answered *by using several studies and a practical test*. In the end, the answers *provide* tools to formulate the standardized guidelines. Through the execution of the practical test, the research took a surprising *turn since* the results differed from *what was expected* based upon the theoretical research and conducted interviews.

Further steps need to be taken in order to complement the current standardized guidelines and gain an optimal and valid end result. At the same time, during the implementation of the guidelines, adaptations may be needed. Further research is *required* to gain knowledge about the applicability in practice.

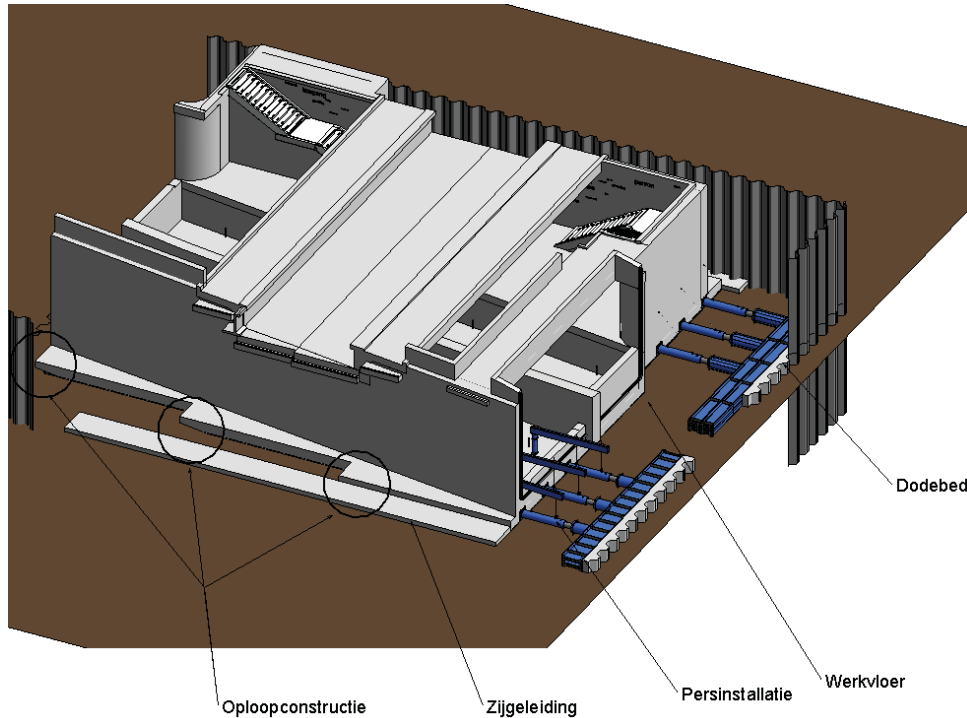
Besides that, in the recommendation for CT deBoer other suggestions for further research will be addressed. These concerns have not been included in the current study but are very important in order to create optimal and valid guidelines that can be used for future clients.

The main question *will be* answered by using the standardized guidelines. The sub-questions have been incorporated into these guidelines. The guidelines are useful to discover the technical interests of pressing a tunnel into position using the “open trench” method.

Hoofdrapportage

Begrippen en afkortingen

In dit rapport zijn diverse begrippen gebruikt. Hieronder een korte toelichting van de begrippen:



Figuur 1 Impressie van het inpersen van een tunnel

- **Bar's** : Een object wordt door middel van een hydraulische installatie verplaatst. Een hydraulische installatie is opgebouwd uit een pompinstallatie en hydraulische cilinders. Oliedruk is de benodigde druk in het systeem om een bepaalde kracht te leveren. Oliedruk wordt uitgedrukt in "bar".
- **BPKV**: Beste Prijs-Kwaliteit-Verhouding weegt naast prijs ook andere kwaliteitsaspecten mee in de beoordeling van inschrijvingen.
- **CT deBoer**: Civiele technieken deBoer bv is een bedrijf dat zeer uitdagende projecten realiseert in de verplaatsingstechniek.
- **Dodebed**: Het dodebed is een constructie waar met de duwinstallatie tegen aan geduwd wordt. Het dodebed moet in staat zijn deze krachten op te vangen en te verdelen.
- **Open sleuf techniek**: Hiervoor is tijdens het persen een buitendienststelling vereist. Het spoor voor de tunnel wordt ontgraven en er ligt een strakke vloer waarover de tunnel ingeperst kan worden. Voorop de tunnel zit een oploopconstructie waarmee de tunnel minimaal in hoogte gestuurd kan worden door middel van het ontgraven en terug plaatsen van grond. De tunnel kan in y- richting minimaal gestuurd worden, de tunnel zit opgesloten tussen zijgeleiding.
- **Oploopconstructie**: De oploop constructie bevindt zich aan de voorzijde van de tunnel. De oploopconstructie zorgt ervoor dat de tunnel nog tot maximaal 1 centimeter in hoogte te sturen is.
- **Persinstallatie**: De hydraulische duwinstallatie waarmee de tunnel verplaatst wordt.
- **SMS**: Risico beheers programma waarin CT deBoer per project risico's, afwijkingen en V&G documenten opneemt. In SMS zijn ook de risico's ten behoeve van het persen van een tunnel met de "open sleuf" methode uitgewerkt.
- **SPMT's**: Self Propelled Modular Transporter is een voertuig dat wordt ingezet om de zwaarste lasten te verplaatsen.
- **Werkvloer**: De werkvloer is een vloer waar de tunnel op gebouwd wordt. Deze vloer dient vlak te zijn en de tunnel mag er niet aangehecht zijn, anders komt de tunnel niet van zijn plaats. Na het inpersen van de tunnel wordt de werkvloer weer gesloopt.
- **Zijgeleiding**: Een zijgeleiding heeft als doel de tunnel op positie te houden.

Hoofdrapportage

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Abstract	5
Begrippen en afkortingen	6
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel van het onderzoek	9
1.3 Doelgroep	10
1.4 Leeswijzer	10
2 Onderzoeksopzet	11
2.1 Probleemstelling	11
2.2 Doelstelling	11
2.3 Hoofd- en deelvragen	12
2.3.1 Centrale hoofdvraag	12
2.3.2 Deelvragen	12
2.4 Afbakening	12
3 Ervaringen onderzoek	13
3.1 Wat zijn de verschillende methodieken?	13
3.2 Welke onderzoeken zijn er binnen CT deBoer al gedaan?	13
3.3 Uitgevoerde projecten in de perstechniek door CT deBoer.	14
3.4 Oriëntatie vraag	15
3.5 Wat heeft de ondergrond voor invloed op de duwcapaciteit?	16
3.5.1 Wat verwacht CT deBoer van de werkvloer?	17
3.5.2 Conclusie van de deelvraag: Wat heeft de ondergrond voor invloed op de smering?	17
3.6 Wat zijn kritische succes factoren?	18
3.7 Welke krachten dient het dodebed aan te kunnen?	18
4 Hoe kunnen technische risico's beheersbaar worden?	19
4.1 Conclusie van de deelvraag: hoe kunnen technische risico's beheersbaar worden?	19
5 Belangrijkste parameters en risico's bij het inpersen met de "open sleuf" methode	20
5.1 Onderzoeksvragen	20
5.2 Welke specificaties worden er van de oploopconstructie verwacht?	21
5.3 Hoe wordt de duwcapaciteit bepaald in relatie tot wrijving?	22
5.3.1 Hoe wordt de smering hierop gebaseerd en wat is de juiste mengverhouding?	22
5.3.2 Conclusie van de deelvraag: hoe wordt de duwcapaciteit bepaald in relatie tot wrijving?	23
5.3.3 Conclusie van de deelvraag: Hoe wordt de smering hierop gebaseerd en wat is de juiste mengverhouding?	23

Hoofdrapportage

6	Uitgangspunten “richtlijnen standaard”	24
7	Aanbevelingen en conclusie	26
	Bronnen	27
	Bijlage	27
Bijlage A	Risico uitwerking SMS	27
Bijlage B	Uitwerking proefopstelling	27
Bijlage C	“Richtlijnen standaard”	27
Bijlage D	Plan van Aanpak	27
Bijlage E	Literatuurstudie	27

Hoofdrapportage

1 Inleiding

Elke student van de Hogeschool Arnhem en Nijmegen voert ter afsluiting van de opleiding deeltijd civiele techniek een afstudeerproject uit. De student toont met de producten van het afstudeerwerk en de mondelinge toelichting aan, dat de vereiste competentieniveaus zijn behaald voor het behalen van de Bachelor studie.

1.1 Aanleiding

Civiele technieken deBoer bv is een bedrijf dat zeer uitdagende projecten realiseert in de verplaatsingstechniek. In de internationale wereld van vijzelen, schuiven en persen is het bedrijf al meer dan 30 jaar actief en innovatief. Steeds moet het bedrijf kunnen beantwoorden aan de trend van zwaarder, hoger, groter, verder, etc.: de grenzen worden continu opgezocht en de ontwikkeling van de techniek duurt voort. Het doel van CT deBoer is om altijd voorop te lopen op het gebied van de technieken en methodieken.

De vraag vanuit de markt verandert. De veranderingen ontstaan doordat er andere contractvormen toegepast worden. Tegenwoordig wordt BPKV veel toegepast als contractvorm. Hier speelt minimale hinder/ afsluiten van de wegen een grote rol, er worden dan hinder kortingen voor gegeven.

Het verplaatsen van objecten/ kunstwerken kan worden uitgevoerd met behulp van schuif- en perstechnieken. In veel gevallen gaat de voorkeur uit naar de schuiftechniek. Dit in verband met de aanwezige risico's en kennis van dit type bouwtechniek.

CT deBoer heeft met betrekking tot perstechnieken veel kennis en ervaringen binnen het bedrijf. Door ontwikkelingen in de afgelopen jaren is deze kennis en ervaring opgebouwd, maar nooit vastgelegd en gebundeld in een richtlijn of standaard welke kan dienen als handvat voor de uitvoering van dit type werken. Daarom is er in dit onderzoek gekeken naar de "open sleuf" perstechniek. Er is voor de "open sleuf" methode gekozen, omdat vanuit de literatuur studie is gebleken dat daar de meeste behoefte aan is.

1.2 Doel van het onderzoek

Het onderzoek naar de "open sleuf" methode heeft als doel de kennis te vertalen naar een "richtlijnen standaard" document. In dit document worden de verschillende aspecten, welke van toepassing zijn bij het inpersen met de "open sleuf" methode, met een korte analyse samengevat, zodat deze goed te beschouwen is. In deze beschouwing komen kritische factoren duidelijk in beeld. Met deze gegevens wordt een "richtlijnen standaard" gedefinieerd, waarmee in de offertefase al een onderbouwd voorontwerp gemaakt kan worden van de pers operatie, waardoor risico's eerder en beter in beeld worden gebracht. De doelstellingen worden uitgewerkt in de onderzoeksopzet hoofdstuk 2.2.

Hoofdrapportage

1.3 Doelgroep

De doelgroep voor dit verslag is tweedelig. Enerzijds is het verslag voor potentiële opdrachtgevers van CT deBoer, om deze al vroeg in het ontwerpproces goed te kunnen bedienen op technische aspecten alsmede risico's. Anderzijds dient dit rapport als afstudeerscriptie voor de afronding van mijn studie Civiele techniek deeltijd. In het rapport wordt onderbouwd dat de vereiste competentie niveaus zijn behaald.

1.4 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport is als volgt:

In hoofdstuk 2 wordt beschreven wat de probleemstelling is. In dit hoofdstuk is de opbouw van het onderzoek uiteengezet met daarin de probleem- en doelstelling geformuleerd. Om de doelstelling te halen zijn er hoofd- en deelvragen opgesteld en wordt er beschreven welke onderdelen afgebakend zijn.

In hoofdstuk 3 wordt het ervaringenonderzoek samengevat. Daarop volgend worden de resultaten vanuit het ervaringen onderzoek beschreven en de eerste deelvragen beantwoord.

In hoofdstuk 4 worden de technische risico's bij het inpersen beschreven. Ook worden de risico's met de RISMAN methode gekwantificeerd.

In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste parameters bij het inpersen van de "open sleuf" methode beschreven. Ook worden de resultaten van de praktijkproef uitgeschreven en worden de resultaten behandeld.

Opvolgend hoofdstuk 6 daarin worden vanuit hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 de uitgangspunten opgesteld, welke verwerkt zijn in de "richtlijnen standaard".

In hoofdstuk 7 worden de aanbevelingen, conclusies en discussies aangepakt.

Aansluitend volgt hoofdstuk 8 en ziet u een overzicht van alle toegepaste bronnen. Dit is conform de APA- stijl ingericht en uitgewerkt in een bronnenlijst. Daarop volgend de bijbehorende bijlages voor dit onderzoek.

Als laatst hoofdstuk 9, hierin worden alle bijlages weergegeven met daaropvolgend alle bijlages toegevoegd.

Hoofdrapportage

2 Onderzoeksopzet

Uit het vooronderzoek is naar voren gekomen dat er behoefte is aan een interne “richtlijnen standaard” waarin alle kennis en ervaring vertaald is om potentiële opdrachtgevers tijdig in te lichten.

Dit heeft vooral te maken met de huidige markt, waarin minimale afsluiting van wegen/ spoorwegen en zwaardere en bredere objecten een rol spelen. Voor CT deBoer is deze documentatie belangrijk om zich te onderscheiden van de concurrenten door middel van specialisatie.

2.1 Probleemstelling

CT deBoer heeft veel kennis en ervaring in huis op het gebied van perstechnieken en –methoden. Deze kennis is opgedaan vanuit ervaring en ontwikkeling. Deze kennis is tot op heden niet geborgd in een “standaard” om gedurende nieuwe tendertrajecten/ aanvragen een juiste complete afweging uit te voeren, zodat het voor opdrachtgevers inzichtelijk kan worden gemaakt welke technische onderdelen van belang zijn met daaraan de kosten afweging. Dit geeft een compleet beeld voor de opdrachtgevers, zodat ze weten wat er verwacht wordt en kan het een win- win situatie worden.

Om hierop een goede wijze op te kunnen anticiperen en onderscheidend te zijn wil CT deBoer hierin als bedrijf zijnde ontwikkelen.

2.2 Doelstelling

Het onderzoek heeft als doel het verkrijgen van kennis en inzicht over de perstechniek gerelateerd aan de vorm, gewicht, oppervlakte, benodigde dodebed en benodigde werkvloer. Met dit onderzoek wordt deze kennis vertaald naar een “standaard” waarin de verschillende aspecten met betrekking tot de “open sleuf” methode met een korte analyse kunnen worden beschouwd. Deze aspecten zijn als volgt;

- o Duwcapaciteit, bij de berekening van de perskracht dient rekening te worden gehouden met de volgende factoren:
 - Belastingen en wrijvingscoëfficiënten,
 - Mesdrukken,
 - Geleidingskrachten,
 - Toeslag in verband met stuurkracht,
 - Werkvloer.

Wrijving wordt gerelateerd aan de capaciteit die aanwezig is. Duwcapaciteit is te beïnvloeden met bijvoorbeeld smeringen en meer of minder ontgraving van de grond. Voor de verschillende belastingcombinaties dienen de optredende oliedrukken gecontroleerd te worden.
- o Wrijvingskrachten kunnen verminderd worden door toepassing van maatregelen:
 - Contactvlakken op de bouwplaats, gevlinderde vloeren, toleranties in vloer etc,
 - Smering met bentoniet en eventuele toevoegingen, nieuwe ontwikkelingen,
 - Ondergrond.
- o Dodebedconstructie;
 - Bijvoorbeeld staalconstructie of staalbetonconstructie,
 - Werkvloer op bijvoorbeeld trekpalen.
- o Mesconstructie/ oploopconstructie;
 - Kenmerken van de grondopbouw,
 - Stabiliteit van de mesconstructie.
- o Grondwerk; het grondwerk heeft grote invloed op perskracht, sturing van de tunnel, voortgangssnelheid en invloed op het baanlichaam. Methode van afvoer van de grond, grondwater voldoende diep afgegraven.
- o Maatvoering & monitoring.
- o Permanente ligging controleren, en vastleggen in protocol.

Hoofdrapportage

2.3 Hoofd- en deelvragen

Vanuit de probleem- en doelstelling zijn onderstaande hoofd en deelvragen geformuleerd.

Omdat er meerdere persmethoden zijn is er in de literatuurstudie onderzoek gedaan naar welke methode de meeste behoefte is aan verdieping. Op basis van de uitgevoerde projecten, de vraag vanuit de huidige markt, de tunnelvorm, gewicht en de trade off matrix die is opgesteld voor het persen van tunnels is ervoor gekozen om tijdens deze studie het onderwerp af te bakenen en alleen de “open sleuf” methode helemaal uit te diepen.

De vraag: “*Van welke persmethode is binnen CT deBoer de meeste behoefte aan verdieping?*” Kan vanuit de literatuurstudie beantwoord worden met het antwoord de “open sleuf” methode. Hier was vanuit het bedrijf nog niet eerder concreet onderzoek naar gedaan.

2.3.1 Centrale hoofdvraag

Wat zijn de technische belangen bij het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode?

2.3.2 Deelvragen

Met onderstaande deelvragen wordt de hoofdvraag onderbouwd en beantwoord:

- Wat zijn de kritische succes factoren?
- Hoe kunnen technische risico's beheersbaar worden?
- Welke krachten dient het dodebed aan te kunnen?
- Welke specificaties worden er van de oploopconstructie verwacht?
- Hoe wordt de duwcapaciteit bepaald in relatie tot wrijving?
- Hoe wordt de smering hierop gebaseerd en wat is de juiste mengverhouding?
- Wat heeft de ondergrond hier voor invloed op? (werkvloer/ grondwerk)

2.4 Afbakening

Op basis van een literatuurstudie is eerst basiskennis opgedaan om inzicht te krijgen in de verschillende toepasbare persmethoden. Hieruit is de “open sleuf” methode gekomen. Deze methode is in dit onderzoek nader onderzocht.

Technische kennis is opgehaald door middel van interviews met adviseurs/ specialisten. Vanuit de literatuurstudie is gebleken dat er de meeste behoefte is aan verdieping van de “open sleuf” methode.

Het resultaat van deze verdieping is vertaald in een standaard voor potentiële opdrachtgevers, om via een korte analyse alle aspecten te kunnen beantwoorden. Indien blijkt dat dit daadwerkelijk een handvat is dan kan dit verder uitgebouwd worden voor de overige technieken.

Vanuit de interviews is gebleken dat er bij een aantal vragen behoefte is aan verdieping. Deze vragen worden nader onderzocht. De overige vragen worden in dit onderzoek niet onderzocht, maar worden beantwoord op basis van ervaring. In de toekomst kunnen deze nog nader onderzocht worden.

In dit onderzoek zal niet worden ingegaan op:

- Wat zijn kritische succes factoren?
- Welke krachten dient het dodebed aan te kunnen?
- Wat heeft de ondergrond hier voor invloed op?
- Financiële en planning overwegingen in relatie tot het inschuiven van een tunnel?

Deze worden alleen beantwoord op basis van ervaring vanuit de literatuurstudie.

Hoofdrapportage

3 Ervaringen onderzoek

Het hoofddoel van dit onderzoek is informatie verzamelen vanuit interne ervaringen en gesprekken met specialisten en adviseurs. Onder interne ervaringen vallen uitgevoerde projecten en rapportages. Het volledige onderzoek is te lezen in het literatuuronderzoek welke is bijgevoegd in bijlage E, literatuuronderzoek. In dit hoofdverslag zullen enkele belangrijke punten vanuit het deelrapport getoond worden.

3.1 Wat zijn de verschillende methodieken?

Om objecten te verplaatsen zijn er verschillende methodieken:

- "open sleuf" persen,
- Met gronddekking (doorpersing),
- Trektunnels,
- Persen onder buizen,
- Inschuiven over schuifbanen,
- Inrijden met SPMT's.

Niet elke methodiek kan altijd toegepast worden. Dit heeft te maken met de vorm/ afmetingen van de tunnel, de grondslag en de tijd die er beschikbaar is om de tunnel te verplaatsen. Het wel of niet toepassen van een methodiek is afhankelijk van de prijs verschillen. Dit wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 4.5.1.

Uiteindelijk zullen de technische aspecten inclusief een complete financiële afwegingen bepalen welke methode er toegepast wordt.

3.2 Welke onderzoeken zijn er binnen CT deBoer al gedaan?

Om projecten uit te kunnen voeren heeft CT deBoer diverse onderzoeken gedaan:

- De hart op hart afstand van de knikverkorters. Dit is gedaan met behulp van een berekening.
- De beton opstort tussen de vizels en de damwand. Dit is gedaan met behulp van een berekening.
- Trade off matrix tunnelpersen ("open sleuf", zonder gronddekking en gronddekking > 2m.)

Door ervaring heeft CT deBoer ontwikkelingen gedaan. Ook heeft CT deBoer op basis van ervaring, ontwikkelingen gedaan:

- Vormgeving van de oplooptkant,
- Uitvoering van de zijgeleiding,
- Opbouw van de vloerconstructie. Hier zijn al diverse technische oplossingen voor geweest. Onder andere staalplaten verankeren, een zandcement stabilisatie. Toch is gebleken dat een gevulde vloer voor het meest gewenste effect zorgt,
- Toepassing van de hydraulische installatie. Eerst met cilinders met kleine slagen, daarna hydraulische installaties met hogedruk units en een grote slag.

Hoofdrapportage

3.3 Uitgevoerde projecten in de perstechniek door CT deBoer.

Het inpersen van tunnels met de “open sleuf” methode heeft CT deBoer de afgelopen jaren in diverse landen gedaan, namelijk in Nederland, België en Duitsland. In de loop der jaren is de ontwikkeling verbeterd en zijn gegevens beter vastgelegd en daardoor te herleiden.

Als u alle projecten vergelijkt, vallen er verschillende dingen op en zijn sommige dingen “standaard”, omdat deze bij bijna elk project zijn toegepast.

- **Wrijving:** Sinds smering wordt toegepast kunt u zien dat de wrijving lager is. Hierdoor hoeft er ook minder duwcapaciteit geïnstalleerd te worden. Voorheen werd er meer dan 100% duwcapaciteit geïnstalleerd. Doordat met smering de wrijving gereduceerd wordt, kan er in theorie met het gebruik van smering minder duwcapaciteit geïnstalleerd worden. Dit gebeurt in de praktijk nog niet altijd, omdat smering wordt toegepast als beheersmaatregel bij een risico.
- **Smering:** Heeft een gunstige invloed op de wrijving. Maar wat nou de juiste mengverhouding is, is nog niet vastgelegd. Momenteel wordt de verhouding 25 kg bentoniet/ 1 m³ water toegepast. Ook is het mengen van de bentoniet van belang. Momenteel is er geen goede voorziening om de bentoniet geleidelijk in de mengmachine te brengen, dus blijft er bentoniet achter wat niet opgenomen wordt in het mengsel. Ook is er nog geen optimalisatie vastgesteld in bijvoorbeeld de samenstelling of de homogeniteit.
- **Zijgeleiding:** Wordt de laatste paar projecten mee gestort in de werkvloer, hier zijn in de loop der projecten ontwikkelingen in geweest van stalen zijgeleidingen naar complete in het werk gestorte geleiding over het gehele traject. Wanneer ingestorte geleiding niet voldoende lengte heeft, wordt deze indien nodig verlengt met stalen liggers. Een andere toepassing is plaatselijk voorzieningen treffen die eventueel uit te vullen zijn.
- **Dodebed constructie:** Deze bestaat bij bijna elk project uit een damwand met daarvoor een stalen balk die volgestort wordt om de drukspreiding van de stempels op te nemen. De stalen balk wordt berekend naar aanleiding van de drukken die de stalenbalk op moet nemen. Deze berekeningen worden gedaan door de opdrachtgever.
- **Oploopconstructie:** Aan de voorzijde van de tunnel bevindt zich een oploopkant van 200x1500mm om minimaal in hoogte te kunnen sturen. Door de oploopkant wordt ook de grond beter opgenomen en vastgedrukt.
Optie: stalen mesconstructie aan weerszijde aan de wanden. Deze werkt als grondkering en hiermee kan de tunnel iets beter in hoogte gestuurd worden.
- **Werkvloer:** CT deBoer vraagt een gewapende werkvloer die niet mag gaan scheuren. Ook mogen er geen overmatige zettingen optreden en moet de vloer glad afgewerkt zijn. Meestal wordt er een gewapende werkvloer van 250mm toegepast. Deze wordt geëngineerd door de opdrachtgever.
- **Knikverkorters:** Om het uitknikken ten gevolge van excentriciteiten van de stempels te voorkomen worden er knikverkorters toegepast. Afhankelijk van het type stempel met de bijbehorende kniklengte zal deze 4,00 of 6,00m bedragen. Als er veel druk op de spanbanden komt te staan, gaan deze scheuren.
- **Perssnelheid:** De gemiddelde perssnelheid ligt tussen de 1 à 2 m per uur. De perssnelheid is afhankelijk van het gewicht, het aantal duwcilinders en aan het debiet van de hydraulische units. Hoe meer duwcilinders, hoe langer het duurt voordat ze ingetrokken en verpakt zijn. Als er met 2 cilinders geperst wordt ligt de perssnelheid rond de 3,5 m/h.
- **Maatvoering/ grondwerk:** De maatvoering en het grondwerk wordt door onderaannemers van de opdrachtgever uitgevoerd. Voor het grondwerk vraagt CT deBoer wel dat er niet in de grond ‘geroerd’ mag zijn, zodat deze goed verdicht is. De grond moet afgegraven zijn over een hoogte van ca. 200mm, gelijk aan de oploopzijde van de tunnel. De grond wordt nog ingedrukt door het gewicht van de tunnel.

Hoofdrapportage

3.4 Oriëntatie vraag

Met behulp van dit ervaringenonderzoek wordt de oriëntatie vraag beantwoord, deze luidt:

“Van welke persmethode is binnen CT deBoer de meeste behoefte aan verdieping?”

Vanuit het ervaringenonderzoek kan geconcludeerd worden dat er de meeste behoefte is aan verdieping van de “open sleuf” methode. Als de uitgevoerde projecten vergeleken worden, ziet u dat er na 2010 vier “open sleuf” tunnels geperst zijn en één tunnel zonder grond dekking.

Omdat er meerdere persmethoden zijn, is er in het ervaringenonderzoek onderzoek gedaan naar welke methode de meeste behoefte is aan verdieping.

In de trade off matrix tunnelpersen worden de drie verschillende persmethode beschreven. In de trade off matrix komen belangrijke aspecten aan bod. Onder andere fasering en buitendienststelling. In de trade off matrix is snel af te lezen wat er allemaal bij het inpersen met de “open sleuf” methode komt kijken.

Op basis van de uitgevoerde projecten, de vraag vanuit de huidige markt, de tunnelvorm, gewicht en de trade off matrix die is opgesteld voor het persen van tunnels is ervoor gekozen om tijdens deze studie het onderwerp af te bakenen en alleen de “open sleuf” methode helemaal uit te diepen.

De vraag: *Van welke persmethode is binnen CT deBoer de meeste behoefte aan verdieping?* Kan vanuit de literatuurstudie beantwoord worden met het antwoord de “open sleuf” methode.

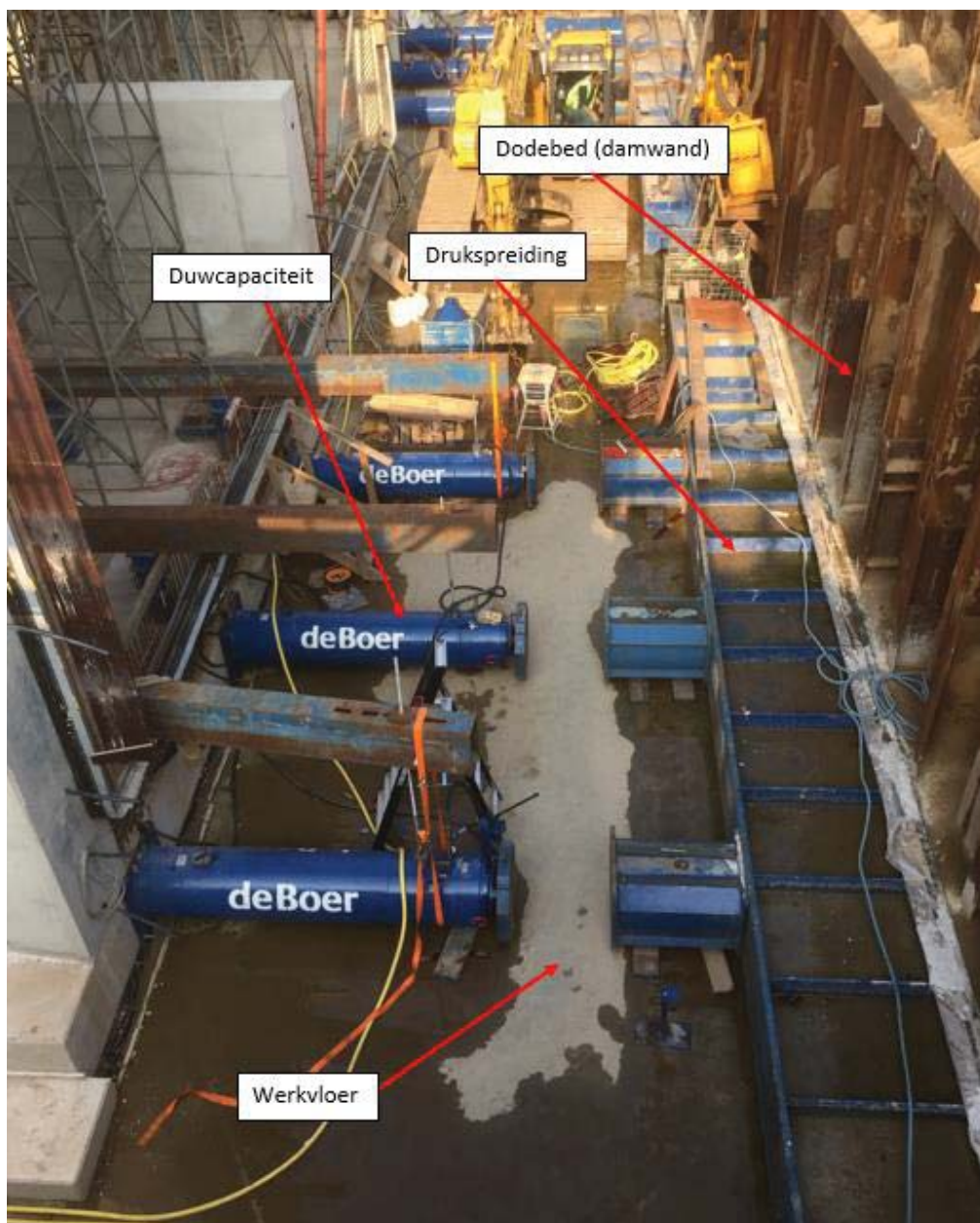


Figuur 2 Indeling bouwplaats bij het inpersen van een tunnel

Hoofdrapportage

3.5 Wat heeft de ondergrond voor invloed op de duwcapaciteit?

Een tunnel wordt ingeperst over een werkvloer waar deze op gebouwd wordt. Als deze vloer ophoudt, wordt de tunnel ingeschoven over de grond. De werkvloer heeft een harde ondergrond, zie figuur 3, waarop de smering redelijk goed in stand te houden is. Met zijgeleiding over de gehele lengte en aan de voorzijde 10 cm grond, is er alleen aan de achterzijde sprake van een "lek". Op grond is de wrijving zeer afhankelijk van de grondsoort. Het toepassen van smering heeft op kleigrond meer effect dan op zandgrond. Grond is over het algemeen poreus. De smering kan bij een poreuze grond snel de ondergrond in trekken waardoor de smering minder effectief is. Er dient gewaakt te worden dat de grond door de smering niet gaat verweken. Een "lek" komt alleen tijdens het schuiven over grond aan de achterzijde voor. De voor- en zijkanten van de tunnel zijn dicht door de aanwezige grond.



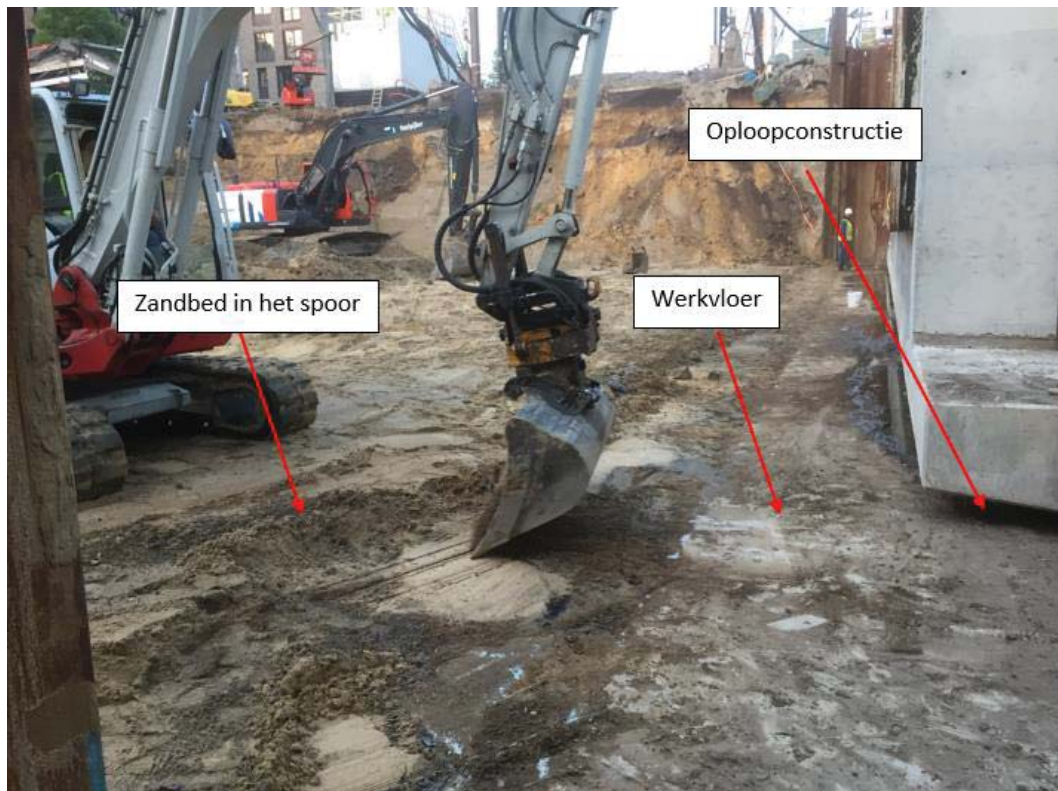
Figuur 3 Benaming objecten persinstallatie

De tunnel wordt geperst met duwcilinders. De duwcilinders zetten zich af tegen een dodebedconstructie. Het gewicht van de tunnel en de wrijving bepalen de duwcapaciteit. De benodigde duwcilinders wordt bepaald nadat de duwcapaciteit bekend is.

Hoofdrapportage

3.5.1 Wat verwacht CT deBoer van de werkvloer?

Een werkvloer (figuur 4) dient gewapend en vlak te zijn, conform de Norm NEN-EN 2747 klasse 1 of 2. Ook dient deze gevlinderd te zijn en daarna in gestrooid met een kwarts of coating, eventuele optimalisaties voor de afwerking van de werkvloer dient nader onderzocht te worden. Ook mogen er geen overmatige zettingen optreden en moet de vloer glad afgewerkt zijn. De werkvloer dient voldoende gewapend te zijn, zodat deze niet open scheurt als de tunnel er overheen geschoven wordt.



Figuur 4 Opbouw ondergrond (werkvloer en zandbed)

3.5.2 Conclusie van de deelvraag: Wat heeft de ondergrond voor invloed op de smering?

De conclusie van de deelvraag is dat de ondergrond grote invloed heeft op de smering. Op de werkvloer is de smering in stand te houden, maar zodra de tunnel over de grond gaat is het afhankelijk van de grondsoort of de smering opgenomen wordt en wat er met de grondsoort gebeurt. De effecten van de ondergrond ten opzichte van de smering dienen nader onderzocht te worden. Hoe meer de wrijving met smering gereduceerd wordt, hoe minder duwcapaciteit er benodigd is.

Hoofdrapportage

3.6 Wat zijn kritische succes factoren?

Om de uitvoering van het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode tot een succes te maken zijn er succes factoren. Deze factoren zijn belangrijk om vooraf aan de opdrachtgever aan te kunnen geven, zodat de opdrachtgever ervoor kan zorgen dat er aan deze succes factoren voldaan is.

Succes factoren zijn:

- Goede coördinatie tussen CT deBoer en de grondwerker.
- Goede coördinatie tussen CT deBoer en de maatvoerder.
- Stabiel dodebed.
- Geleidingsconstructie, zodat de tunnel opgesloten zit.
- Voldoende sterke werkvloer, zodat deze niet gaat scheuren tijdens het persen.

De succes factoren zijn gebaseerd op het onderzoek dat gedaan is onder de projectleiders, uitvoerders en directie. De vraag is beantwoord op basis van ervaring.

3.7 Welke krachten dient het dodebed aan te kunnen?

Vanuit CT deBoer wordt de eis gesteld dat de perskrachten, die vanuit de duwinstallatie via de stempels in het dodebed komen, opgenomen dienen te worden in het dodebed. Dit is noodzakelijk, omdat de duwinstallatie de tunnel verplaatst. Naast de capaciteit die in het dodebed terecht komt, moet het dodebed ook niet gaan vervormen als gevolg van de duwkracht in de constructie. De maximale vervorming ten gevolge van de optredende belasting is 50mm. Het dodebed moet door de opdrachtgever geëngineerd worden, zodat het dodebed de krachten vanuit de stempels aan kan. Als het dodebed de krachten vanuit de stempels niet aan kan en gaat vervormen kan het voorkomen dat tijdens het verpakken de stempels er niet tussenpassen, omdat het dodebed weer terug gekomen is in originele vorm en de tunnel door de vervorming niet verder geperst kan worden. Er kan dan niet meer verpakt worden en de tunnel kan dan niet op zijn plek gebracht worden.

Om aan te geven wat CT deBoer verwacht van het dodebed is er een Exceldocument opgesteld door CT deBoer, waarin berekend wordt welke krachten er vanuit de duwinstallatie in het dodebed terecht komen. Dit om te voorkomen dat er veiligheid op veiligheid op veiligheid wordt toegepast.

De berekening die wordt toegepast om de krachten te berekenen is de theoretische benodigde perscapaciteit met een belasting factor van 1,5 of de geïnstalleerde perscapaciteit met een robuustheidsfactor van 1,2. Dit is gebaseerd op de toepassing van eerder uitgevoerde projecten. Dit gaat ook opgenomen worden in de “richtlijnen standaard”.

Om de perskrachten vanuit de duwinstallatie op te kunnen nemen in een dodebed zijn er meerdere constructieve mogelijkheden. Over het algemeen is een dodebedconstructie een dure constructie, omdat deze constructie zware krachten op moet nemen en speciaal voor het inpersen van de tunnel voorzien moet worden.

De mogelijkheden die er zijn om een dodebed uit te voeren zijn:

- Een damwandconstructie met achterliggend grondlichaam verankerd aan de werkvloer. (Deze wordt veel toegepast).
- Aanwezige betonvloeren van opritten
- Tussentijd drukstation opgenomen in de werkvloer.

Indien het nodig is om eventueel drukverdeling toe te passen gebeurt dit in beton of staal.

Hoofdrapportage

4 Hoe kunnen technische risico's beheersbaar worden?

De risico's die kunnen optreden tijdens het inpersen met de "open sleuf" methode zijn verwerkt in SMS. Dit is het risico beheers programma waar CT deBoer mee werkt.

Hierin worden de risico's ingevoerd, elk risico wordt voorzien van een of meer beheersmaatregelen. Met het toepassen/ uitvoeren van de beheersmaatregelen wordt de kans dat het risico optreedt, verkleind. De risico's zijn gekwantificeerd volgens de RISMAN-methode.

De RISMAN-methode bestaat uit verschillende stappen. Het vaststellen van het doel, het in kaart brengen van de risico's, het vaststellen van de belangrijkste risico's en tenslotte het in kaart brengen van de beheersmaatregelen. De risico's worden gekwantificeerd op kans, geld, tijd, kwaliteit, veiligheid, omgeving en imago.

Door het toepassen van beheersmaatregelen worden bij de risico's de kans van optreden verkleind.

De risico's zijn opgesteld op basis van de ervaringen binnen CT deBoer vanuit eerdere projecten. De beheersmaatregelen die aan de risico's gekoppeld zijn, zijn tijdens een gezamenlijke sessie aan de risico's gehangen. De uitwerking van het risico dossier vanuit SMS is opgenomen in bijlage A, risico uitwerking SMS.

4.1 **Conclusie van de deelvraag: hoe kunnen technische risico's beheersbaar worden?**

In SMS zijn de risico's onder elkaar uitgewerkt opgenomen in bijlage A, risico uitwerking SMS. Aan deze risico's zijn correctieve of preventieve maatregelen gehangen. Als naar de uitwerking van SMS gekeken wordt kan er geconcludeerd worden dat als de beheersmaatregelen bij de risico's uitgevoerd worden de risico kwantificering daalt. Bij alle risico's daalt de kwantificering dusdanig dat het risico beheerst is. Vervorming/ bezwijken van de dodebedconstructie blijft als alle beheersmaatregelen toegepast zijn het risico met de hoogste kwantificering.

Hoofdrapportage

5 **Belangrijkste parameters en risico's bij het inpersen met de “open sleuf” methode**

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste parameters en risico's toegelicht. Het doel is om de belangrijkste parameters die komen kijken bij het inpersen met de “open sleuf” methode duidelijk uitgewerkt te hebben. Deze factoren worden uiteindelijk verwerkt in een “richtlijnen standaard” uitgewerkt bijlage C, “richtlijnen standaard”, welke tijdens offerte aanvragen mee wordt gestuurd, zodat potentiële opdrachtgevers in het voortraject een handvat hebben waar ze rekening mee moeten houden. De onderzochte deelvragen worden toegelicht en beantwoord. In paragraaf 5.1 wordt allereerst de onderzoeksvragen beschreven. In 5.2 worden de deelvraag welke specificaties worden er van de oploopconstructie verwacht behandeld. Daaropvolgend in paragraaf 5.3 wordt de duwcapaciteit in relatie tot wrijving behandeld.

5.1 **Onderzoeksvragen**

Vanuit de onderzoeksvragen is eerst gekeken wanneer het inpersen met “open sleuf” methode daadwerkelijk de best toepasbare methode is. Voordat de methode wordt bepaald, wordt deze eerst afgewogen op basis van beschikbare ruimte, tijd, vorm en gewicht.

Het inpersen met de “open sleuf” methode wordt toegepast als de onderdoorgang:

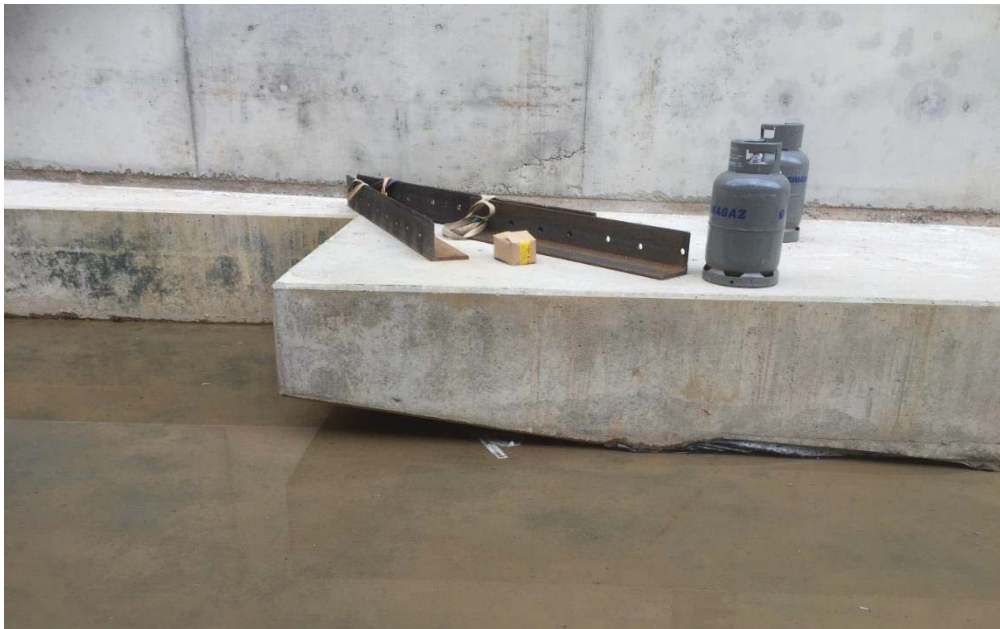
- Een gedrongen constructie, met een grondslag die de spreiding van de consoles niet op kan nemen. De m1 belasting is dan te hoog om de tunnel met een andere methode op zijn plek te brengen.
- Een grote, brede constructie is, waarbij de vloer overspanning een probleem kan zijn bij het oppakken van de constructie aan twee zijden.
- Wanneer de ruimte rondom de tunnel beperkt is.

Hoofdrapportage

5.2 Welke specificaties worden er van de oploopconstructie verwacht?

Een oploopconstructie, zie figuur 5, wordt toegepast om invloed uit te oefenen in de hoogte sturing van de tunnel. De oploopconstructie wordt bij het inpersen van een tunnel altijd toegepast. Door ca. 10 cm grond voor de tunnel te laten liggen kan er invloed in hoogte van de tunnel uitgeoefend worden. De grond moet niet opstropen voor de oploop constructie, maar dient verdicht te worden onder de oploop. Te veel grond voor de tunnel laten liggen, heeft echter een negatief effect. Bij een oploop van 200 bij 1500. Dit wordt tijdens projecten toegepast en werkt prima. Een echte standaard of berekening is hier echter niet voor.

Als de oploopconstructie steiler wordt uitgevoerd, wordt de grond voor de tunnel niet gelijkmatig onder de tunnel opgenomen. De tunnel is dan minder goed in hoogte te sturen. Als de oploopconstructie minder steil uitgevoerd wordt, duurt het langer voordat de grond onder de tunnel opgenomen wordt. Als de oploop 400 bij 3000 uitgevoerd wordt, zou er meer grond voor de tunnel moeten blijven staan, maar daardoor wordt de tunnel moeilijker te sturen. De oploop van 200 bij 1500 is de beste oploopconstructie.



Figuur 5 Oploopconstructie

Hoofdrapportage

5.3 Hoe wordt de duwcapaciteit bepaald in relatie tot wrijving?

Om de duwcapaciteit te kunnen bepalen, moet de wrijving tussen de materialen bekend zijn. Dit is afhankelijk van de wrijving tussen de tunnelvloer en de werkvloer/ grond. Mogelijk is er ook nog wrijving tussen de wand en de grond. Het toepassen van smering vermindert de wrijving. Vloerwrijving ligt zonder smering tussen de 40-45%. Dat is de wrijvingscoëfficiënt van beton over beton. Met smering wordt er altijd vanuit gegaan dat het gereduceerd wordt tot ca. -10% tot -15%. De smering wordt in hoofdstuk 5.5.1 behandeld.

In het ontwerpproces van een hydraulische installatie wordt rekening gehouden om eventuele afwijkingen in de uitvoering op te kunnen nemen. Daarom wordt een maximale inzetbaarheid van 75% aangehouden voor het gehele hydraulische systeem. Ook is het van belang dat aan beide zijden een even aantal duwcilinders geplaatst worden om de krachten vanuit de vijzels gelijk te houden. Om de wrijving te reduceren, dus de belastingen in de duwcilinders te verminderen, wordt smering toegepast.

5.3.1 Hoe wordt de smering hierop gebaseerd en wat is de juiste mengverhouding?

Met het toepassen van smering wordt de wrijving tussen het beton en beton of tussen het beton en grond/ zand verlaagd. Smering wordt toegepast als risico beheersmaatregel. Binnen CT deBoer werd altijd uitgegaan van 15% reductie. Om te bewijzen dat dit in de praktijk ook werkelijk 15% reductie oplevert is er een proef gedaan, zie bijlage B, uitwerking proefopstelling. In deze proef is eerst nagegaan wat de juiste mengverhouding van bentoniet is om de meeste wrijvingsreductie te krijgen. Ook is er gekeken naar de toepassing van een Lewis plaat en een Uponor plaat. De Lewisplaat haaks op de schuifas wordt weergegeven in figuur 6 en de positie parallel op de schuifas wordt gepositioneerd in figuur 7.



Figuur 6 Haaks op de schuifas



Figuur 7 Parallel op de schuifas

	Verhouding 25/1000	Verhouding 50/ 1000	Verhouding 70/1000
Uponor plaat	- 4%	- 2%	
Lewis plaat parallel op de schuifas	+ 4%	+3%	
Lewis plaat haaks op de schuifas	-7%	-4%	-2%

Tabel 1

In tabel 1 ziet u geconstateerde reducering van de wrijvingspercentages vanuit de proefopstelling. Deze bereikt nog lang geen reductie 15% waar normaal mee gerekend wordt.

De Uponor plaat hoeft qua druk oppervlakte minder groot uitgevoerd te worden als de Lewis plaat, omdat er gekeken wordt naar drukoppervlak van de smering. Daarom zal zoals in de uitwerking van de proef te zien is de Uponor plaat met een lager wrijvingspercentage beginnen. Waar de Lewis haaks op de schuifas liggen geeft de meeste wrijvingsreductie.

Als de kosten van het inkopen en maken van een Lewis plaat en Uponor plaat vergeleken worden zal dit gelijk aan elkaar zijn. De Uponor plaat is iets duurder in aanschaf en de Lewis plaat heeft moeilijkere handelingen om de koker aan de Lewis plaat bevestigd te krijgen. Als er gekeken wordt naar wat er geïnjecteerd achter blijft in het beton maakt dat geen verschil plastic of staal.

Het toepassen van smering is niet noodzakelijk. Tijdens het offerte stadium wordt smering aangeboden als optie.

Deze optie kan voor de opdrachtgever een beheersmaatregel zijn bij een van zijn risico's, daarom wordt er vanuit de opdrachtgevers kant de optie smering toepassen vaak wel gekozen.

Om een definitieve conclusie te trekken, is er nog verder onderzoek genodigd. Deze aanbeveling is opgenomen in hoofdstuk 7.

Hoofdrapportage

5.3.2 Conclusie van de deelvraag: hoe wordt de duwcapaciteit bepaald in relatie tot wrijving?

De duwcapaciteit wordt voornamelijk bepaald door het eigen gewicht van de tunnel. Hoe zwaarder de tunnel hoe meer duwcapaciteit er benodigd is. Om de duwcapaciteit te bepalen wordt de wrijvingscoëfficiënt van beton over beton en beton over zand vergeleken. De hoogste wrijvingscoëfficiënt is maatgevend.

duwinstallatie		
totale belasting		A kN
maximaal verwachte wrijving (beton-beton 40%-45%)		B %
maximaal verwachte belasting	$A \cdot B / 100 =$	C kN
aangedreven assen		D st
verwachte belasting per aangedreven as		$C \cdot D$ kN

Figuur 8 Berekening duwcapaciteit

In bovenstaand figuur 8 is te zien hoe de duwcapaciteit berekend wordt. Dit is een Excel sheet waarin formules opgenomen zijn die de belasting met aangedreven as kunnen berekenen. In deze sheet moet de totale belasting, het percentage wrijving en het aantal assen ingevuld te worden. Doordat de formules die in de Excel verwerkt zijn, berekend deze automatisch de verwachte belasting per aangedreven as. De wijze hoe deze Excel is opgebouwd, is voor het berekenen van de verwachte belasting per aangedreven as voldoende.

5.3.3 Conclusie van de deelvraag: Hoe wordt de smering hierop gebaseerd en wat is de juiste mengverhouding?

De juiste mengverhouding voor de bentoniet is 25 kg CEBOGEL OCMA en 1000 liter water. Het is dan belangrijk dat de bentoniet goed gemengd wordt met het water: er mogen geen klonten meer achter blijven. De huidige mengpomp die CT deBoer gebruikt bij perstunnels kan de bentoniet mengen tot een mengsel, maar dan blijft er CEBOGEL OCMA achter in de hoeken van de mengpomp. Dan heeft de smering niet het gewenste effect. Als er binnen CT deBoer weer een tunnel ingeperst gaat worden, is het belangrijk dat er nog onderzoek gedaan gaat worden naar een geschikte mengpomp.

De wrijvingsreductie van 15% waar in theorie altijd meegerekend wordt, is niet de wrijvingsreductie die in de praktijk gehaald wordt. De wrijvingsreductie in de praktijk ligt tussen de 4%- 7%. Dit is een stuk lager als waar in de theorie mee gerekend werd. Voor het toepassen van Lewis plaat of Uponor plaat is de Lewis plaat haaks op de schuifas het meest wrijving reducerend. De Uponor plaat daarentegen heeft een lager wrijvingspercentage in zijn geheel, omdat deze minder druk oppervlak heeft in relatie tot de Lewis plaat. Nu de conclusie is dat in de praktijk smering minder reducerend is als verwacht, kan het een overweging worden om geen smering toe te passen, maar aan beide zijden van de tunnel een duwcilinder extra neer te leggen. Als er een extra duwcilinder geplaatst word moet het dodebed deze krachten wel kunnen afdragen en moet er in de tunnel extra wapening gelegd worden. De keuze ligt bij de opdrachtgever, maar zal in overleg een gezamenlijke keuze worden en zullen de juiste afwegingen worden gemaakt.

Hoofdrapportage

6 Uitgangspunten “richtlijnen standaard”

De uitgangspunten voor de “richtlijnen standaard” is opgebouwd uit hoofd- en deelvragen die in dit rapport behandeld zijn. De antwoorden op deze deelvragen zijn de uitgangspunten voor de “richtlijnen standaard”. De “richtlijnen standaard” geeft het antwoord op de hoofdvraag. De “richtlijnen standaard” is opgenomen in bijlage C, “richtlijnen standaard”.

De uitgangspunten die opgenomen zijn in de “richtlijnen standaard” zijn hieronder beschreven:

- Het inpersen met de “open sleuf” methode wordt toegepast als de onderdoorgang:
 - Een gedrongen constructie, met een grondslag die de spreiding van de consoles niet op kan nemen. De m1 belasting is dan te hoog om de tunnel met een andere methode op zijn plek te brengen.
 - Grote, brede constructie, waarbij de vloer overspanning een probleem kan zijn bij het oppakken van de constructie aan twee zijden.
 - Wanneer de ruimte rondom de tunnel beperkt is.
- Succes factoren zijn:
 - Goede coördinatie tussen CT deBoer en de grondwerker.
 - Goede coördinatie tussen CT deBoer en de maatvoerder.
 - Stabiel dodebed.
 - Geleidingsconstructie, zodat de tunnel opgesloten zit.
 - Voldoende sterke werkvloer, zodat deze niet gaat scheuren tijdens het persen.
- Wat zijn de technische risico's?

Het technisch risico dossier inclusief beheersmaatregelen en kwantificering wordt als geheel dossier bijgevoegd in de “richtlijnen standaard”.
- Welke krachten dient het dodebed aan te kunnen?

Het dodebed dient geëngineerd te worden, zodat deze de krachten vanuit de stempels op kan nemen. Ook dient de werkvloer niet los te raken van de damwand.
- Wat zijn de afmetingen van de oploopconstructie?

Een oploop van 200 bij 1500 is benodigd voor goede grond verdichting. Deze wordt opgenomen in de bekisting
- Hoe wordt de duwcapaciteit bepaald in relatie tot wrijving?

De benodigde duwcapaciteit wordt bepaald conform onderstaande figuur 9.

duwinstallatie	
totale belasting	A kN
maximaal verwachte wrijving (beton-beton 40%-45%)	B %
maximaal verwachte belasting	$A*B/100 = C$ kN
aangedreven assen	D st
verwachte belasting per aangedreven as	$C*D$ kN

Figuur 9 Berekening duwcapaciteit

De maximale verwachte wrijving wordt gebaseerd op de wrijving van beton-beton of beton-grond. Indien er smering wordt toegepast zal de wrijvingsreductie 7% zijn.

Hoofdrapportage

-Hoe wordt de smering hierop gebaseerd en wat is de juiste mengverhouding?

De juiste mengverhouding van CEBOGEL OCMA is 25 kilo op 1000 liter water. Dat is het bentoniet mengsel wat het meest wrijving verlagend is. Als de Lewis platen dwars op de schuifrichting worden toegepast, levert dit een wrijving reductie op van 7%.

-Wat heeft de ondergrond hier voor invloed op? (werkvloer/ grondwerk)

De werkvloer dient vlak en gevlinderd te zijn, conform de NEN- EN 2747. De werkvloer dient ingestrooid te zijn met kwarts of voorzien van coating.

Ook dient de werkvloer gewapend te zijn tegen scheurvorming, dit wordt geëngineerd door de opdrachtgever.

Tussen de werkvloer en de tunnel dient folie toegepast te worden, zodat de tunnel niet aan de werkvloer hecht tijdens het storten van de tunnel.

-Planningsschema werkzaamheden montage/ demontage en persoperatie

Voor de montage vooraf dient rekening gehouden te worden met circa 1 week. Tijdens de buitendienststelling zal de tunnel ingeperst worden met 1 á 2 meter per uur, af te lezen, want het wordt berekend. Na het inpersen van de tunnel zal er circa 1 week gedemonteerd en afgevoerd worden.

Bovenstaande punten zijn de uitgangspunten waarmee rekening gehouden moet worden tijdens het opstellen van de "richtlijnen standaard". Ook zijn er nog een aantal andere punten waar rekening mee gehouden moet worden.

- In te storten voorzieningen instorten en afwerken
- Ten behoeve van het uitknikken van de stempels worden knikverkorters in de werkvloer geboord.
- De tunnel dient opgesloten te zijn tussen zijgeleiding.
- Als er smering toegepast wordt, dienen de injectie buizen afgewerkt te worden en staat er tijdens het inpersen een mortelpomp in de tunnel met diverse slangen om de smering te spreiden.

Het Excel bestand waarin de krachten vanuit de duwinstallatie weergegeven worden, zullen ook opgenomen worden in deze richtlijn, zodat het een samengevoegd bestand wordt.

Hoofdrapportage

7 Aanbevelingen en conclusie

In dit hoofdstuk worden de conclusies van het onderzoek gepresenteerd ook wordt de hoofdvraag beantwoordt. Dit gebeurt in combinatie met de conclusies vanuit de deelvragen. Hierop is de “richtlijnen standaard” opgesteld. Eerst wordt de conclusie vanuit de resultaten beschreven, aansluitend worden er aanbevelingen gedaan voor een verder onderzoek voor de zaken die geconstateerd zijn of waar nog vraagtekens bij zijn en verder onderbouwd moesten worden.

Conclusie beantwoorden hoofdvraag:

Wat zijn de technische belangen bij het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode?

De hoofdvraag wordt beantwoord met behulp van de “richtlijnen standaard”. De deelvragen zijn verwerkt in de “richtlijnen standaard”. In de standaard is gemakkelijk af te lezen wat de technische belangen zijn bij het inpersen van een tunnel met de “open sleuf” methode.

Vanuit de literatuurstudie is gebleken dat er voor de “open sleuf” methode de meeste behoefte is aan verdieping. In de literatuurstudie worden een aantal deelvragen op basis van ervaring beantwoord. De overige deelvragen zijn beantwoord in het hoofdonderzoek.

Aanbevelingen:

Naar aanleiding van mijn onderzoek worden er enkele aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoeken. Dit om de effecten van wrijving en smering nog beter in beeld te krijgen.

Het effect van de ondergrond ten opzichte van wrijving. In dit onderzoek is er alleen op basis van ervaringen vanuit eerdere projecten antwoord op gegeven. Hier zou in combinatie met een uitbreiding van de praktijkproef nog onderzoek naar gedaan kunnen worden. In de praktijk proef is er alleen geperst over beton-beton. Deze proeven zouden nog verder uitgekristalliseerd moeten worden door proeven uit te voeren met verschillende ondergronden bijvoorbeeld grond wel niet in combinatie met smering, zeer glad afgewerkt beton wel in niet in combinatie met smering. Dit om een nog beter beeld te krijgen van de wrijving tussen verschillende ondergronden. In de proefopstelling is de Uponor plaat onder de pers getest. Dit zou ook nog gedaan moeten worden met de Lewisplaat, zodat men weet wanneer deze bezwijkt, om de het moment van het bezwijken van de Lewisplaat te kunnen vergelijken met de Uponor plaat.

De toepasbaarheid van de “richtlijnen standaard”.

In dit onderzoek is de “richtlijnen standaard” opgesteld. Deze is opgesteld, maar in de praktijk nog niet toegepast. Als er offerte aanvraag komt voor het inpersen van een “open sleuf” tunnel zal deze in de praktijk toegepast gaan worden. Mocht in de praktijk blijken dat er nog aanpassingen benodigd zijn om de “richtlijnen standaard” duidelijker en makkelijker werkbaar te maken. Dan zal er een verbeterslag gemaakt worden in de “richtlijnen standaard”.

Vanuit dit onderzoek is de mengverhouding vastgesteld welke het meest wrijving reducerend is. Om dit tijdens projecten ook waar te kunnen maken moet er voordat er een perstunnel geperst gaat worden nog wel onderzoek gedaan worden naar een geschikte mengpomp. De huidige mengpomp kan de bentoniet niet volledig mengen met het water, zodat het een homogeen mengsel wordt. Dit is wel noodzakelijk om de optimale reductie in de wrijving te realiseren.

Hoofdrapportage

Bronnen

Van de Archief schijf CTdB M: van Civiele technieken deBoer (civiele technieken deBoer bv te Nieuwegein, persoonlijke informatie, 6 juli 2018 tot en met mei 2019)

Van de Netwerk schijf CTdB N: van Civiele technieken deBoer (civiele technieken deBoer bv te Nieuwegein, persoonlijke informatie, 6 juli 2018 tot en met mei 2019)

Bijlage

Bijlage A	Risico uitwerking SMS
Bijlage B	Uitwerking proefopstelling
Bijlage C	“Richtlijnen standaard”
Bijlage D	Plan van Aanpak
Bijlage E	Literatuurstudie

Hoofdrapportage

Datum	27-05-2019
Project	Hoofdrapport
Uitgave	1.0
Status	Definitief
Pagina	28 van 32

Bijlage A

Risico uitwerking SMS

Bijlage B
Uitwerking proefopstelling

Bijlage C

“Richtlijnen standaard”

Hoofdrapportage

Datum	27-05-2019
Project	Hoofdrapport
Uitgave	1.0
Status	Definitief
Pagina	31 van 32

Bijlage D Plan van Aanpak

Hoofdrapportage

Datum	27-05-2019
Project	Hoofdrapport
Uitgave	1.0
Status	Definitief
Pagina	32 van 32

Bijlage E

Literatuurstudie