



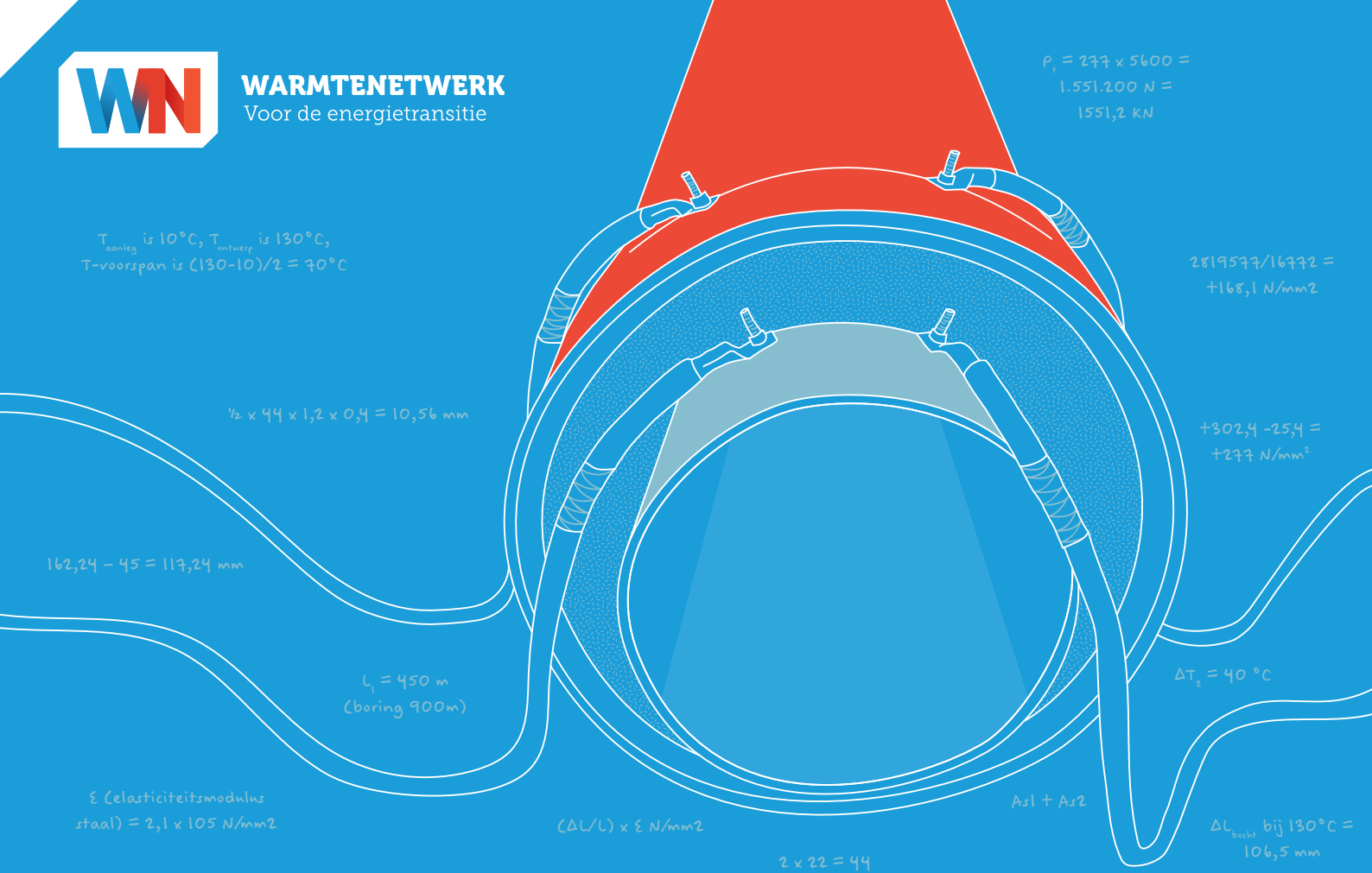
WARMTENETWERK
Voor de energietransitie

WHITEPAPER

THERMISCH VOORSPANNEN VAN LEIDINGEN VOOR WARMTENETTEN

*TECHNISCHE DOCUMENTATIE EN (VOORBEELD)BEREKENINGEN VOOR HET
THERMISCH VOORSPANNEN VAN VPS- EN SIS-LEIDINGEN, DE TOEPASSING
VAN EXPANSIEKUSSENS EN NEN 3650 VERSUS NEN-EN 13941*

Versiedatum: 25-07-2022



Thermisch voorspannen maakt projecten haalbaar en biedt kansen!

Overbruggen van grotere afstanden

Zonder kostbare en ruimtevreemde expansievoorzieningen, is het overbruggen van grotere afstanden mogelijk door leidingen met warmte voor te spannen. Hierdoor kunnen de aanleg- en materiaalkosten veelal fors omlaag.

Voorverwarmen halveert de uitzetting



- Uiteenzetting en axiaalspanning worden gehalveerd (een bijvoorbeeld ontoelaatbare uitzetting van 12 cm wordt dan 6 cm)
- Leiding wordt tot 70 °C verwarmd aangelegd
- Leiding in bedrijf haalt 130 °C en zet pas uit bij 70 °C punt
- Valt daarmee eerder binnen de acceptabele randvoorwaarden.

Bij horizontaal gestuurd boren ontbreekt grondwrijving



- Door horizontale sturing ontbreekt de grondwrijving die de uitzetting remt
- Bij lange boringen kun je geen expansievoorzieningen inzetten om de uitzetting te compenseren
- Als er aan beide zijden van de boring voldoende rechte lengtes aanwezig zijn, kan een boring hiermee toch worden voorgespannen.

Wat is thermisch voorspannen



- De leiding wordt tijdens de aanleg in open sleuf op temperatuur gebracht (b.v. 70 °C)
- Vervolgens wordt de sleuf weer gevuld en goed verdicht
- Daarna koelt de leiding weer af tot de aanlegtemperatuur (b.v. 10 °C)
- De leiding is in die situatie dan zo gezegd voorgespannen.
- Vertrouwd op de aanwezigheid van grondwrijving.

Liever trekspanning dan drukspanning



- Liever trekspanning (gevolg van verhinderde krimp) dan drukspanning (gevolg van verhinderde uitzetting)
- Trekspanning dat een leiding kan hebben is vele malen groter dan drukspanning.

Grote voordelen op meerdere terreinen



- Onbeperkte toepassing van lengten
- Voordeliger STAAL/PUR/PE-leiding (in plaats van STAAL-in-STAAL) mogelijk
- Geen kostbare en ruimtevreemde expansievoorzieningen.

Disclaimer

De informatie van dit document is samengesteld met de grootst mogelijke zorg. De uitgever en auteurs van deze inspiratieplaat kunnen op geen enkele wijze aansprakelijk worden gesteld voor de inhoud van dit document.

“Door slim na te denken, neemt de complexiteit af!”

Inhoudsopgave

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. Inleiding | 6 |
| 1.1. Rechte leidingdelen die worden aangelegd zonder spanningsreductie (koud verleggen) | 6 |
| 1.2. Rechte leidingdelen waarbij de optredende spanningen gereduceerd worden middels toepassing van expansielussen (U-bochten)..... | 6 |
| 1.3. Rechte leidingdelen waarbij de optredende spanningen gereduceerd worden door de leiding thermisch voor te spannen | 7 |
| 1.4. Rechte leidingdelen waarbij de optredende spanningen gereduceerd worden door de leiding thermisch voor te spannen met reeds ingebouwde montagecompensatoren | 8 |
| 1.5. Rechte leidingdelen (sleuf reeds aangevuld) waarbij de optredende verplaatsingen t.p.v. de expansiebochten gereduceerd worden door de leiding thermisch voor te spannen ... | 8 |
| 1.6. Toegepaste berekeningen | 8 |
| 2. Mogelijke toepassingen van het thermisch elektrisch voorspannen..... | 9 |
| 2.1. Het elektrisch thermisch voorspannen, waarbij de open sleuflengte gereduceerd wordt tot een lengte van ca 30 m (“continu voorspannen”) | 9 |
| 2.2. Het elektrisch thermisch voorspannen middels toepassing van montagecompensatoren | 9 |
| 2.3. Dezelfde voorspanprocedure als bij de montagecompensatoren, maar dan de montagecompensatoren gewoon weglaten..... | 11 |
| 2.4. Rechte leidingdelen waarbij de optredende verplaatsingen t.p.v. de expansiebochten gereduceerd worden door de reeds aangelegde leiding thermisch voor te spannen (sleuf dicht, bochten vrij) | 12 |
| 2.5. Het elektrisch thermisch voorspannen van lange boringen VPS..... | 13 |
| 2.6. Staal in staal boringen | 17 |
| 2.7. De ontwerpvoorwaarden voor expansiekussens | 31 |
| 2.8. Ontwerp van stadsverwarmingsleidingen conform de NEN 3650 of de NEN-EN 13941 | 34 |

Voorwoord

Thermisch voorspannen van leidingen bij horizontaal gestuurde boringen biedt kansen!

Voor het aanleggen een warmtenet is het belangrijk dat het leidingnetwerk dat daarvoor nodig is, op de meest efficiënte manier kan worden aangebracht. Het overbruggen van grotere afstanden, zonder kostbare en ruimtevreterende expansievoorzieningen, is mogelijk door leidingen met warmte voor te spannen. Hierdoor kunnen de aanleg- en materiaalkosten fors omlaag.

Dit geldt zowel voor STAAL/PUR/PE -leidingen als voor STAAL-in-STAAL leidingen met uiteenlopende lengten en diameters. Omdat thermisch voorspannen van STAAL/PUR/PE-leidingen bij horizontaal gestuurde boringen nog weinig wordt gedaan, liet Stichting Warmtenet het whitepaper 'Thermisch voorspannen van leidingen voor warmtenetten' schrijven over deze techniek.

Leidingen in een warmtenet zetten uit. Dat zal niemand verbazen. Een STAAL/PUR/PE-leiding (bijvoorbeeld een DN 300) van 1 kilometer lang, die open en bloot op een (wrijvingloze) leidingbrug ligt, zal bij een temperatuursverhoging van 120 °C, 1,44 meter uitzetten. Dat is 72 centimeter aan beide kanten. Ligt de leiding niet bovengronds, maar in de grond, dan zal de uitzetting slechts 12 centimeter per zijde bedragen. Dit komt door de wrijving van de grond die de uitzetting tegenhoudt, als de leiding 1 meter onder de grond ligt.

Voorverwarmen halveert de uitzetting

Toch is ook die 12 centimeter uitzetting te veel, omdat er dan een hoge spanning in de langsrichting van de leiding ontstaat (axiaalspanning): ongeveer 308 N/mm² (170 ton). Een veelgebruikte manier om de uitzetting en de spanning te verlagen is het gebruik van expansielussen met expansiekussens. Deze kosten veel geld en vragen veel ruimte. Ook moeten hierbij veel mofverbindingen worden toegepast die onderhoud vragen en de kans op lekkages vergroten. Hier komt het voordeel van thermisch voorspannen om de hoek kijken. Stel, we gaan een leiding in een open sleuf aanleggen. Eenmaal aangelegd wordt die leiding tot 70 °C verwarmd. (Een temperatuurverschil van 60 °C ten opzichte van de grondtemperatuur van 10 °C.) Daarna wordt de grond erop gestort en aangestampt. De leiding zal nu gaan krimpen, 3 centimeter per zijde. (De leiding bereikt dan zijn oorspronkelijke aanlegtemperatuur.) Wanneer de leiding in bedrijf wordt genomen, zal de temperatuur oplopen tot 130 °C, een verschil van 120 °C ten opzichte van zijn oorspronkelijke aanlegtemperatuur. Omdat de leiding bij 70 °C het punt bereikt waarop zijn krimp teniet wordt gedaan, zet hij daarna nog maar 3 centimeter per zijde uit, in totaal dus 6 cm in plaats van 12. De uitzetting en de axiaalspanning zijn door het thermisch voorspannen dus gehalveerd en vallen hiermee binnen acceptabele randvoorwaarden!

Bij horizontaal gestuurd boren ontbreekt de grondwrijving die de uitzetting remt

Tot zover het voordeel van het thermisch voorspannen van leidingen die in sleuven worden aangelegd. Nu gaan we kijken naar de voordelen van deze techniek bij een horizontaal gestuurde boring. Bij lange boringen kun je geen expansievoorzieningen inzetten om de uitzetting te compenseren, terwijl de noodzaak om dit te doen hier juist extra groot is. Bij het boren wordt namelijk een gladde klei/wateroplossing (bentoniet) in het boorgat gespoten, wat de omgeving van de leiding vrijwel wrijvingsloos maakt. Dit betekent dat de uitzetting net zo groot zal zijn als de leiding in ons eerste voorbeeld die open en bloot op een leidingbrug lag.

Hoe krijgen wij de grote verplaatsingen van de leiding aan de uiteinden van de boring kleiner?

Bij het thermisch voorspannen van een horizontaal gestuurde boring is het wel zaak om aan de beide einden van de boring te zorgen voor leidinglengte achter de boring met voldoende gronddekking. Deze lengte dient tenminste zo lang te zijn als het glijdende deel van de leiding, zodat de boring daadwerkelijk door de grond(wrijving) wordt gefixeerd. Dit glijdende deel van de leiding - het deel aan de uiteinden van een leiding dat nog in lengte uitzet - is met de formules in het whitepaper 'Thermisch voorspannen van leidingen voor warmtenetten' te berekenen en is afhankelijk van de gebruikte voorspanningstemperatuur.

Liever trekspanning dan drukspanning

Bij lange horizontaal gestuurde boringen, die zijn voorgespannen, is het belangrijk dat bij de maximale temperatuur de drukspanning niet te hoog is. In het whitepaper 'Thermisch voorspannen van leidingen voor warmtenetten' staan de formules waarmee de beste temperatuur voor het thermisch voorspannen kan worden bepaald. Hierbij geldt dat we liever met een hogere temperatuur verwarmen dan een lagere. Want de vuistregel is: liever trekspanning (gevolg van verhinderde krimp) dan drukspanning (gevolg van verhinderde uitzetting). De trekspanning die een leiding aankan is namelijk vele malen groter dan de drukspanning. Bij een zekere drukspanning zal de leiding namelijk uitknikken, wat bij trekspanning niet zal gebeuren. Denk aan een satéprikker die je tussen duim en wijsvinger indrukt. Zet wat kracht en hij zal buigen en uitknikken. Maar om de prikker uit te rekken, heb je niet genoeg kracht.

Grote voordelen op meerdere terreinen

Het grote voordeel van het thermisch voorspannen van leidingen bij horizontaal gestuurde boringen is dat je in principe onbeperkte lengten kunt toepassen. De maximale boorlengte die zonder thermisch voorspannen mogelijk is met STAAL-in-STAAL leidingen ligt nu op zo'n 1.300 meter. Met een STAAL/PUR/PE-leiding is dit maximaal 250 meter. De lengtes die mogelijk zijn met thermisch voorspannen maken dus ook een keuze voor de voordeliger STAAL/PUR/PE-leiding (in plaats van STAAL-in-STAAL) mogelijk. Toch is niet alleen de lengte een argument. Ook bij kortere lengten en bij de aanleg in een open sleuf, kan de keuze voor thermisch voorspannen een belangrijke optimalisatie van een project betekenen.

Met het whitepaper 'Thermisch voorspannen van leidingen voor warmtenetten' willen we deze mogelijkheid voor alle partijen in de wereld van warmtenetwerken ontsluiten en dit met hun input verder ontwikkelen.

Dit rapport is in opdracht van Stichting Warmtenetwerk mede tot stand gekomen door de kennissessies Thermisch Voorspannen in samenwerking met Bram Hendriksen (Amsterdam Engineering), Rik Rouweler (Vattenfall) en Rob de Vries (RdV Consult).

De informatie in dit rapport is samengesteld met de grootst mogelijke zorg. De uitgever en auteurs van dit rapport kunnen op geen enkele wijze aansprakelijk worden gesteld voor de inhoud van dit document.



WARMTENETWERK
Voor de energietransitie

Dit document is een preview.
Wenst u het gehele rapport te
ontvangen?

Stuur dan een e-mail naar
secretariaat@warmtenetwerk.nl