

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

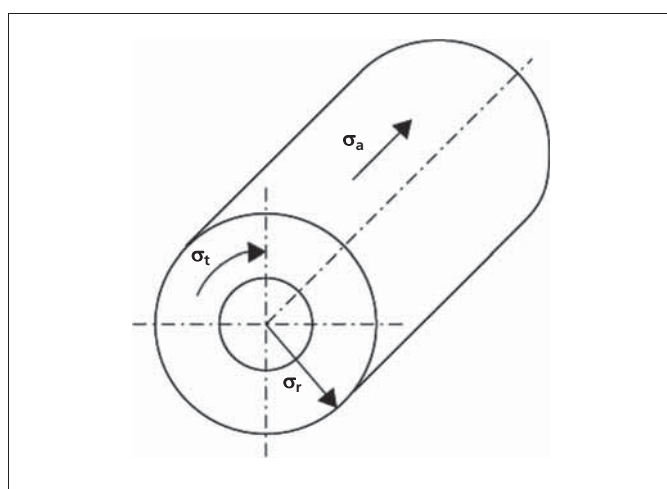
### 6 Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

In principe kunnen verschillende in- en/of uitwendige belastingen inwerken op een leidingsysteem. Dit geldt met name voor ondergrondse leidingsystemen. Onderstaand worden de mogelijke belastingsvormen opgesomd.

#### 6.1 In- en uitwendige drukbelastingen

In een drukleidingsysteem treden door inwerking van drukbelastingen (in- en uitwendige overdruk of inwendige onderdruk) de volgende hoofdspansingen op in verschillende richtingen:

- radiale spanning ( $\sigma_r$ )
- axiale spanning, langsspanning ( $\sigma_a$ )
- tangentielle spanning, omtrekspanning ( $\sigma_t$ )



Afbeelding 6.1 Spanningen afhankelijk van de werkingsrichting

De omvang van de desbetreffende spanning kan worden vastgesteld met behulp van de formules die zijn opgenomen in hoofdstuk 7. Bij het bepalen van de drukbelastbaarheid kunnen de diagrammen in bijlage B dienen als hulpmiddel.

##### 6.1.1 Inwendige overdruk

Overbelasting van een drukleidingsysteem door inwendige overdruk leidt, met name bij extra warmte-inwerking, tot verwijding van de buis, totdat deze breekt.

Het risico van verwijding ontstaat indien de buiswanddikte te gering is, en willekeurige vergroting van de wanddikte economisch niet verantwoord is. Met het oog op de warmte-uitzetting leidt vergroting van de wanddikte bovendien tot verhoging van de krachten ter plaatse van de buisbevestigingen. De constructeur dient ervoor te zorgen dat de wanddikte wordt afgestemd op de daadwerkelijke behoefte, en dat de leiding ook elastisch blijft indien lengteveranderingen optreden. Een plotselinge

verandering van de stationaire bedrijfstoestand, met name de inwendige druk, leidt tot drukstoten. De grote elasticiteit van de kunststof leiding heeft het voordeel dat de uiterste waarden van de drukgolven aanzienlijk lager zijn dan bij stalen leidingen. Desalniettemin dient bij leidingsystemen die met pompen werken of die snelsluitende afsluiters bevatten, te worden gecontroleerd met welke effecten van drukstoten evt. rekening moet worden gehouden.

##### 6.1.2 Inwendige onderdruk c.q. uitwendige overdruk

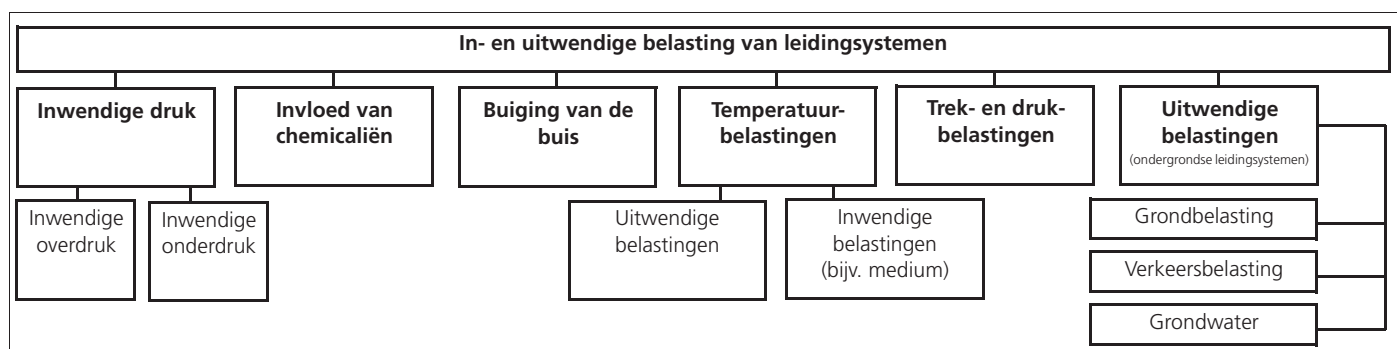
In dunwandige leidingen kunnen door inwendige onderdruk of uitwendige overdruk deuken ontstaan, waardoor zij hun cirkelvorm verliezen. Om eventuele instabiliteit te voorkomen dient de kritische deukdruk (ook wel schedeldruk genoemd) van de buis te worden bepaald in afhankelijkheid van de wanddikte-diameterverhouding. Bij het bepalen van de kritische deukdruk ( $p_k$ ) dient ten opzichte van de onderdruk een veiligheidscoëfficiënt SF te worden toegepast van  $\geq 2,0$  (volgens ATV A 127 dient een veiligheidsfactor van 2,0 à 2,5 te worden toegepast). In de vakliteratuur wordt voor de veiligheidscoëfficiënt (SF) ook wel de aanduiding 'N' gebruikt.

#### 6.2 Belasting door buiging van de buis

Normaal gesproken ontstaat buiging in een leidingtracé door het eigen gewicht van de gevulde leiding inclusief het gewicht van ingebouwde appendages. De uit de buiging resulterende buigspanning is afhankelijk van de gewichtsbelastingen en de afstand van de leiding tussen twee oplegpunten.

Indien de ondersteuningsafstanden ( $L_A$ ) worden gerealiseerd overeenkomstig bijlage B4, zijn de buigspanningen zo gering, dat overbelasting c.q. een te grote vervorming niet mogelijk is. Indien appendages worden ingebouwd (bijv. afsluiters), dient de afstand tussen de oplegpunten te worden verkleind of dient in een extra ondersteuning te worden voorzien. Daarbij dient rekening te worden gehouden met de aanzienlijk grotere buigspanningen die ontstaan door de vervorming van bochten ter plaatse van richtingsveranderingen.

De bij ondergrondse leidingen gebruikelijke buiging van de buisstrengen, afhankelijk van de installatietemperatuur en de diameter-wanddikteverhouding (SDR), heeft - zo leert de ervaring - geen invloed op de levensduur en de bedrijfszekerheid van de leiding. Temperatuurbelastingen in een kunststof leidingsysteem hebben gevolgen voor de vastheidskenngetallen. Verschillende temperatuurbelastingen kunnen warmtespanningen tot gevolg hebben, indien de uitzetting van leidingtracés wordt beperkt of verhinderd. Warmtespanningen ontstaan tevens door temperatuurverschillen tussen de binnen- en buitenwand van de buis.



Afbeelding 6.2 In- en uitwendige belasting van leidingsystemen

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

De spanningen die ontstaan door bepaalde onvermijdelijke omstandigheden, bijv. indien warmte-uitzetting tussen twee vastpunten niet mogelijk is, worden door het visco-elastische gedrag van de kunststof leiding gereduceerd totdat de spanning en de uitzetting met elkaar in evenwicht zijn. Dit wordt ook wel relaxatie genoemd. Van kritische bedrijfsomstandigheden is sprake indien de belasting wisselt en de perioden met hogere temperaturen langer duren dan de perioden met lagere temperaturen. Met name langdurige trekspanningen kunnen na een groot aantal belastingwisselingen leiden tot permanente breuken. Spanningspieken treden op bij de eerste temperatuurverandering ten opzichte van de montage-toestand. Indien het temperatuurniveau gedurende langere tijd nagenoeg constant blijft, daalt de warmtespanning door relaxatie tot = 0,50% van de maximumwaarde. De uit thermische wisselbelasting resulterende warmtespanning en de langdurige gerelaxeerde trekspanning kunnen worden bepaald met behulp van de formules die zijn opgenomen in hoofdstuk 7.

### 6.3 Trek- en drukbelastingen

Ten gevolge van diverse warmte-uitzettingen in de binnen- en buitenwand van een buis ontwikkelen zich aan de warmere zijde drukspanningen en aan de koudere zijde trekspanningen. Daarnaast ontstaan spanningen ten gevolge van de inwendige druk. De spanningen kunnen worden bepaald met behulp van de formules die zijn opgenomen in hoofdstuk 7. Druk- of trekspanningen treden niet alleen op ten gevolge van verhinderde warmte-uitzetting, maar ook ten gevolge van de inwendige druk zelf. Met name tijdens de met verhoogde inwendige druk uitgevoerde druktest dient te worden onderzocht, of de eventuele lengteverandering gepaard gaat met korte spanningspieken. Daarnaast dient rekening te worden gehouden met het feit dat de werking van kerf in de buiswand door trekbelasting aanzienlijk wordt vergroot.

### 6.4 Belasting van ondergrondse leidingsystemen

#### 6.4.1 Grondbelasting

Het draagvermogen van ondergrondse kunststof leidingen is gebaseerd op de werking van buis en de grond. Door de grondbelasting zakt de bovenkant van de buis naar beneden, en de zijanten van de buis worden naar buiten tegen de omringende grond gedrukt. De reactiedruk die zijwaartse druk uitoefent op de buis voorkomt een grotere doorsnede-ervorming (ondersteuningsfunctie). De uitvoering van de sleuf, de soort inbedding en de vulling van de sleuf zijn voor een groot gedeelte bepalend voor het draagvermogen en de stabiliteit van een ondergrondse kunststof leiding. De belasting dient over het totale leidingtracé gelijkmatig te verlopen. Daartoe dient het sleufbed zodanig te zijn dat buiging in lengterichting en puntbelasting worden voorkomen. De toelaatbare montagediepte, d.w.z. de verdraagbare grondbelasting ( $p_E$ ), wordt bepaald met behulp van de volgende formule:

$$P_E = \gamma_B \cdot h$$

Formule 6.1

$p_E$  = uitwendige gronddruk (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\gamma_B$  = specifiek gewicht van de bodem (kN/m<sup>3</sup>)  
 (bodemgroepen 1-3 ->  $\gamma_B = 20$ )  
 $h$  = hoogte van de grondbedekking boven de bovenkant van de buis (m)

De toelaatbare montagediepte, d.w.z. de verdraagbare grondbelasting, is met name afhankelijk van:

- de buiswanddikte
- de stijfheid van de buis en de bodem
- de uitvoering van de sleuf
- de inbedding en de vulling van de sleuf

De verticale verandering van de buisdiameter ten gevolge van belasting mag volgens de geldende richtlijnen op lange termijn maximaal 6% bedragen.

#### 6.4.2 Verkeersbelasting

Aangenomen wordt dat de druktoename ten gevolge van verkeersbelastingen die worden veroorzaakt door (spoor)wegverkeer een gelijkmatig verdeelde oppervlaktebelasting ( $p =$  oppervlaktelast) boven de buisdoorsnede betreft. De grondspanning ( $p_{grond}$ ) ten gevolge van verkeersbelastingen wordt bepaald met behulp van de volgende formule:

$$P_{grond} = a_F \cdot p_F$$

Formule 6.2

$p_{grond}$  = grondspanning (kN/m<sup>2</sup>) (volgens ATV A 127, daar aangeduid als 'p')  
 $a_F$  = correctiefactor belasting door wegverkeer (-)  
 $p_F$  = grondspanning ten gevolge van verkeersbelastingen (kN/m<sup>2</sup>) (volgens ATV A 127)

De spanningen die voortvloeien uit bovenstaande formule dienen te worden vermenigvuldigd met een stootfactor ( $\phi$ ) die rekening houdt met de soort verkeersbelasting.

Normaal gesproken gelden de volgende stootfactoren:

1,2 bij SLW 60  
 1,4 bij SLW 30  
 1,5 bij SLW 12 } wegverkeer

Bij toepassing van de vastgestelde spanningen en de toepasselijke stootfactoren in onderstaande formule 6.3, kan hieruit de daadwerkelijke verkeersbelasting worden afgeleid.

$$P_V = \phi \cdot P_{grond}$$

Formule 6.3

$p_{grond}$  = grondspanning (kN/m<sup>2</sup>) (volgens ATV A 127)  
 $\phi$  = stootfactor door wegverkeer (-)  
 $p_V$  = grondspanning ten gevolge van verkeersbelastingen (kN/m<sup>2</sup>) (volgens ATV A 127)

Voor leidingen onder rails geldt:

$$\phi = 1,4 - (0,1 \cdot (H - 0,5)) \geq 1$$

Bij een dikte van de afdeklaag van  $\geq 4,00$  m zijn, zo leert de ervaring, de belastingsverschillen tussen de rustende grondbelasting en de stootvormige verkeersbelasting volledig verdwenen. Bij afnemende dikte van de afdeklaag neemt de invloed van de verkeersbelasting ten opzichte van de grondbelasting toe. Als minimale dikte van de afdeklaag  $H_{min}$  geldt bij spoorwegverkeersbelastingen:

$$H_{min} = 1,50 \text{ m}$$

Formule 6.4

Indien de afdeklaag  $H_{min} \leq 1,50$  m, dienen zo nodig speciale maatregelen te worden getroffen, bijv. het aanbrengen van beschermbuizen. Bij de aanleg van spoorwegovergangen dienen de richtlijnen van ProRail in acht te worden genomen. De totale verticale belasting van de ondergrondse buis bestaat uit grond- en verkeersbelastingen. De horizontale spanningen die worden veroorzaakt door de verkeersbelasting zijn te verwaarlozen.

#### 6.4.3 Grondwater

Ondergrondse leidingen kunnen (met name in gebieden met een hoge grondwaterstand) worden belast door uitwendige overdruk. Daarnaast wordt ook een in beton gestorte leiding, hoewel slechts korte tijd, bloot-

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

gesteld aan uitwendige druk. Ondergrondse leidingsystemen die worden belast door extra uitwendige druk dienen te worden gecontroleerd op deukbestendigheid.

De effectieve belasting door uitwendige druk komt overeen met de aan de buis gerelateerde hydrostatische druk ( $p_w$ ).

$$P_w = \gamma_w \cdot \left( h_w + \frac{d_e}{2} \right)$$

Formule 6.5

$p_w$  = uitwendige waterdruk (bar)

$\gamma_w$  = specifiek gewicht van de vloeistof (voor water = 1,0) (kN/m<sup>3</sup>)

$h_w$  = hoogte van de vloeistofkolom boven de bovenkant van de buis (m)

De kritische deukdruk ( $p_k$ ) van een cirkelvormige PE-buis bij uitwendige waterdruk bedraagt:

$$P_k = \frac{2 \cdot E_{CR}}{1 - \mu^2} \cdot \left( \frac{e}{d_e} \right)^3 \cdot 10$$

Formule 6.6

$E_{CR}$  = kruipmodulus van het buismateriaal in afhankelijkheid van de temperatuur en de belastingsduur (N/mm<sup>2</sup>)

$e$  = buiswanddikte (mm)

$d_e$  = uitwendige buisdiameter (mm)

$p_k$  = kritische deukdruk (bar)

$\mu$  = dwarscontractiegetal (voor PE  $\mu = 0,38-0,40$ ) (-)

Op basis van de bij stabiliteitsonderzoek gebruikelijke veiligheidscoëfficiënt  $SF \geq 2,0$  (volgens ATV A 127 dient een veiligheidsfactor (SF) (daar aangeduid als 'N') van 2,0 -> 2,5 te worden toegepast) is de volgende controle vereist:

$$P_{w, toel} \leq \frac{P_k}{SF}$$

Formule 6.7

$p_{w, toel}$  = toelaatbare uitwendige waterdruk (bar)

$p$  = kritische deukdruk (bar)

SF = veiligheidscoëfficiënt (-)

Opmerking:

De grond die een ondergrondse leiding omringt heeft een ondersteunende functie. Hieruit kunnen steunfactoren worden afgeleid, op basis waarvan verhoging van de kritische en daarmee ook van de toelaatbare uitwendige druk mogelijk is.

De in tabel 6.1 vastgelegde waarden van de steunfactoren zijn overgenomen uit de literatuur.

Nominale druk (bar)	Steunfactoren fst (-)	
	met verdichting	zonder verdichting
SDR 17	2,3	1
SDR 11	1,2	1

Tabel 6.1 Steunfactoren voor ondergrondse leidingsystemen

Met behulp van bijlage B11 kan de bestendigheid tegen uitwendige druk bij benadering worden bepaald.

### Toepassingsvoorbeeld bijlage B11

Onderstaand wordt aan de hand van drie voorbeelden de toepassing van bijlage B11 toegelicht met betrekking tot de drukbelastingen die kunnen ontstaan door uitwendige overdruk en/of inwendige onderdruk.

#### Voorbeeld 1: alleen uitwendige overdruk

##### Bedrijfsomstandigheden:

materiaal: PE100, SDR 11

bedrijfstemperatuur ( $T_{B1}$ ): 25°C

inwendige onderdruk ( $p_u$ ): 0 bar (geen onderdruk)

##### Resultaat:

Maximale drukbelasting ( $p_{a, ges}$ ) ten gevolge van de uitwendige overdruk  $p_a$  (maximale hoogte van de waterkolom ( $h_w$ ) boven de bovenkant van de buis) en geen onderdruk ( $p_u$ ) in het leidingsysteem:

volgens bijlage B11:

$$\begin{aligned} p_{a, ges} &= 1,0 \text{ bar} \rightarrow 10 \text{ mWs} \\ \rightarrow p_{a, ges} &= p_a + p_u \\ \rightarrow p_a &= p_{a, ges} - p_u = 1,0 \text{ bar} - 0 \text{ bar} = 1,0 \text{ bar} \\ \rightarrow p_a &= p_{a, ges} = 1,0 \text{ bar} \end{aligned}$$

#### Voorbeeld 2: alleen inwendige onderdruk

##### Bedrijfsomstandigheden:

materiaal: PE100, SDR 11

bedrijfstemperatuur ( $T_{B1}$ ): 25°C

bedrijfstemperatuur ( $T_{B2}$ ): 50°C

uitwendige overdruk ( $p_a$ ): 0 bar (geen uitwendige overdruk)

##### Resultaat:

Maximale drukbelasting ( $p_{a, ges}$ ) ten gevolge van inwendige onderdruk ( $p_u$ ) en geen uitwendige overdruk ( $p_a$ ):

volgens bijlage B11:

voor  $T_{B1} = p_{a, ges1} = 1,0 \text{ bar}$

voor  $T_{B2} = p_{a, ges2} = 0,6 \text{ bar}$

Met betrekking tot  $T_{B1}$  geldt:

$$\begin{aligned} \rightarrow p_{a, ges1} &= p_a + p_u \\ \rightarrow p_u &= p_{a, ges1} - p_a = 1,0 \text{ bar} - 0 \text{ bar} = 1,0 \text{ bar} \\ \rightarrow p_u &= p_{a, ges1} = 1,0 \text{ bar} \\ \rightarrow \text{Het gekozen leidingsysteem is vacuümstabiel.} \end{aligned}$$

Met betrekking tot  $T_{B2}$  geldt:

$$\begin{aligned} \rightarrow p_{a, ges2} &= p_a + p_u \\ \rightarrow p_u &= p_{a, ges2} - p_a = 0,5 \text{ bar} - 0 \text{ bar} = 0,5 \text{ bar} \\ \rightarrow p_u &= p_{a, ges2} = 0,6 \text{ bar} \\ \rightarrow p_{atm} &= 1 \text{ bar}; p_{abs} = p_{atm} - p_u = 1 \text{ bar} - 0,6 \text{ bar} \\ &= 0,4 \text{ bar absolute druk} \end{aligned}$$

$\rightarrow$  Het gekozen leidingsysteem is bij deze bedrijfsomstandigheden niet vacuümstabiel, aangezien  $p_{u, max} = 0,6 \text{ bar}$ !

#### Voorbeeld 3: inwendige onderdruk en uitwendige overdruk

##### Bedrijfsomstandigheden:

materiaal: PE100, SDR 11

bedrijfstemperatuur ( $T_{B1}$ ): 25°C

bedrijfstemperatuur ( $T_{B2}$ ): 50°C

maximale waterkolom boven de bovenkant buis =  $p_a$ : 7 m

maximale onderdruk ( $p_u$ ) in leidingsysteem: 0,2 bar

##### Resultaat:

Maximale drukbelasting ( $p_{a, ges}$ ) ten gevolge van uitwendige overdruk ( $p_a$ ) (maximale hoogte van de waterkolom ( $h_w$ ) boven de bovenkant van de buis) en inwendige onderdruk ( $p_u$ ) in het leidingsysteem:

volgens bijlage B11:

voor  $T_{B1} = p_{a, ges1} = 1,0 \text{ bar}$

voor  $T_{B2} = p_{a, ges2} = 0,6 \text{ bar}$

Met betrekking tot  $T_{B1}$  geldt:

$$\begin{aligned} \rightarrow p_{a, ges} &= p_a + p_u \\ \rightarrow p_{a, ges} &= p_a + p_u = 0,7 \text{ bar} + 0,2 \text{ bar} = 0,9 \text{ bar} \\ \rightarrow p_{a, ges} &\geq p_{a, ges1} \\ \rightarrow \text{De gekozen buis is geschikt!} \end{aligned}$$

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

Met betrekking tot  $T_{B2}$  geldt:

$$\rightarrow p_{a \text{ ges}} = p_a + p_u$$

$$\rightarrow p_{a \text{ ges}} = p_a + p_u = 0,7 \text{ bar} + 0,2 \text{ bar} = 0,9 \text{ bar}$$

$$\rightarrow p_{\text{ges}} \leq p_{a \text{ ges}2}$$

-> Aangezien  $p_{a \text{ ges}} > p_{a \text{ ges}2}$ , is de totale drukbelasting voor het in het voorbeeld genoemde leidingsysteem te groot, d.w.z. dat de gekozen buis niet geschikt is voor deze belasting!

$T_B$  = bedrijfstemperatuur (°C)

$T_{B1}, T_{B2}$  = gekozen bedrijfstemperatuur (°C)

$p_a$  = uitwendige overdruk (bar)

$p_{\text{abs}}$  = absolute druk (bar)

$p_{\text{atm}}$  = atmosferische druk  $\approx 1$  bar (bar)

$p_{a \text{ max}}$  = maximale uitwendige overdruk (bar)

$p_u$  = inwendige onderdruk (bar)

$p_{u \text{ max}}$  = maximale inwendige onderdruk (bar)

$p_{a \text{ gez}}$  = drukverschil tussen uitwendige overdruk en inwendige onderdruk (bar)

$p_{a \text{ gez}1}$  = drukbelasting volgens bijlage B11 voor  $T_{B1}$  (bar)

$p_{a \text{ gez}2}$  = drukbelasting volgens bijlage B11 voor  $T_{B2}$  (bar)

$h_w$  = hoogte van de waterkolom boven de bovenkant van de buis (m)

### 6.4.4 Overlapping van belastingen

Door gelijktijdige inwerking van de gronddruk en de uitwendige waterdruk kunnen de toelaatbare belastingswaarden volgens bijlage B11 worden verlaagd.

In de praktijk is het mogelijk dat verschillende inwendige en uitwendige invloeden elkaar overlappen, wat negatieve gevolgen kan hebben voor een leidingsysteem. Dat wil zeggen dat naast uitwendige belastingen tevens inwendige belastingen ten gevolge van inwendige druk en/of verhinderde warmte-uitzetting kunnen inwerken op het leidingsysteem. Daarnaast kan door de opwaartse druk in het grondwater buigbelasting in de buis ontstaan.

Omdat een groot aantal belastingen elkaar kan overlappen, is een zorgvuldige en ruime dimensionering van ondergrondse kunststof leidingsystemen vereist.

### 6.4.5 Statisch bewijs

Ondergrondse leidingen gelden wat betreft de uitwendige belasting als uitzondering.

Hiervoor is te allen tijde een gedifferentieerd bewijs vereist, dat dient te worden opgesteld volgens montagerichtlijn ATV A 127 (in Nederland volgens NEN 3650, NEN 3651 en NPR 3659). De meeste formules eveneens zoals vastgelegd op de vorige pagina's zijn gebaseerd op deze ATV-richtlijn. Aangezien generalisering van de berekeningsmethode vanwege de vele beïnvloedingsfactoren niet mogelijk is, is een vereenvoudigde weergave van de formules evenmin mogelijk.

## 6.5 Oorzaken van lengteveranderingen

Bij kunststof leidingen treden door de hoge lineaire thermische lengte-uitzettingcoëfficiënt ( $\alpha_g$ ) reeds bij geringe temperatuurschommelingen aanzienlijke lengteveranderingen op. Het leidingsysteem is derhalve voortdurend in beweging om de temperatuurverschillen te compenseren. Lengteveranderingen en de daaraan verbonden uitzettingen in lengterichting treden bij drukleidingsystemen meestal op ten gevolge van verschillende elkaar overlappende beïnvloedingsfactoren. Daarbij spelen extra inwendige drukbelastingen de grootste rol.

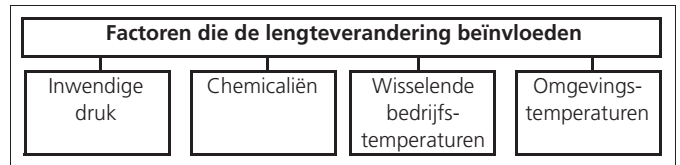
### 6.5.1 Lengteverandering door inwendige drukbelasting

Bij het bepalen van de lengteverandering dient rekening te worden gehouden met druktesten voor ingebruikname van leidingsystemen (afpersen), waarbij de testdruk anderhalf maal de nominale druk kan bedragen. Door de test- c.q. bedrijfsdruk ontstaan in de buis axiale spanningen, die op grond van de lage kruipmodulus van thermoplastische kunststoffen kunnen leiden tot vervorming in lengterichting. De

daadwerkelijke lengteverandering zal vaak geringer zijn dan de rekenkundig bepaalde verandering, aangezien de uitzetting van het leidingsysteem wordt beperkt door wrijvingskrachten. Voor de rekenkundige bepaling van lengteveranderingen en de gevolgen daarvan is deze afwijking echter niet van belang.

### 6.5.2 Lengteverandering door invloed van chemicaliën

Ondanks de goede tot zeer goede bestendigheid van polyolefinen tegen een groot aantal chemicaliën dient, in gevallen waarbij rekening moet worden gehouden met de invloed van chemicaliën, al tijdens de ontwerpfase door geschikt en deskundig personeel de bestendigheid van het materiaal tegen de te verwachten chemicaliën te worden onderzocht. Diverse chemicaliën kunnen lengteveranderingen in het leidingsysteem veroorzaken. Onder bepaalde omstandigheden kan de buis of de fitting door de toegepaste chemicaliën zwellen. D.w.z. dat de buiswand een bepaalde hoeveelheid van de desbetreffende vloeistof opneemt, waardoor het volume van de buiswand toeneemt. Dit gebeurt dan zowel in horizontale als in radiale richting ten opzichte van de buis. De inwerking van chemische mengsels kan onder bepaalde omstandigheden leiden tot reacties die de bedrijfstemperatuur ongunstig beïnvloeden. Deze temperatuurveranderingen kunnen ongewenste thermische lengteveranderingen tot gevolg hebben die het leidingsysteem beschadigen.



Afbeelding 6.3 Factoren die de lengteverandering beïnvloeden

### 6.5.3 Lengteverandering door wisselende bedrijfstemperaturen

Indien alleen wordt gekeken naar de invloed van de bedrijfstemperatuur kan worden vastgesteld, dat de ligging van de leiding na de eerste inbedrijfstelling door de bedrijfstemperatuur verandert.

Bepalend voor de omvang van de lengteverandering is het effectieve temperatuurverschil ( $\Delta\theta$ ). Om deze reden is het raadzaam om het effect van lengteveranderingen bij verschillende bedrijfstemperaturen minimaal eenmaal te controleren. Na de eerste inbedrijfstelling dient te worden gecontroleerd of de verschuiving van de afzonderlijke leidingtracés schade aan de buisbevestigingen heeft veroorzaakt of kan veroorzaken.

### 6.5.4 Lengteverandering door omgevingstemperaturen

Niet alleen temperatuurverschillen van het doorstroommedia, maar ook uitwendige temperatuurverschillen veroorzaakt door de verschillen tussen dag en nacht c.q. zomer en winter kunnen leiden tot grote lengteveranderingen. Met name lege leidingsystemen die zijn blootgesteld aan zonnestraling of vorstinwerking dienen te worden uitgerust met voldoende gedimensioneerde compensatie-elementen. Het risico bestaat uit hoge buigspanningen ter plaatse van uitzettingsbochten en grote krachten op de inklempingspunten (vastpunten).

## 6.6 Compensatie van lengteveranderingen

Kunststof leidingsystemen dienen in het algemeen zo te worden geïnstalleerd dat compensatie van de lengteverandering is gewaarborgd. Daarvoor bestaan verschillende constructieve mogelijkheden, die onderstaand worden behandeld.

### 6.6.1 Expansiebochten

Het is gebruikelijk om door middel van het gericht aanbrengen van vastpunten te zorgen voor een zodanige plaatselijke buisgeleiding, dat lengteveranderingen worden opgenomen door buisstrengen die haaks lopen op de uitzetrichting. Dit is de eenvoudigste methode, waarbij het leidingsysteem gesloten blijft.

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

De compensatietracés die op basis van de installatiemethode zijn vereist hebben een L-, Z- of U-vorm of zijn vanuit de genoemde vormen ruimtelijk met elkaar verbonden.

Daarbij dient rekening te worden gehouden met het feit dat lengteveranderingen van een buisstreng de buiging van andere buisstrengen tot gevolg heeft.

De buigspanningen die daarbij optreden belasten de uitzettingsbocht. Het is raadzaam de met behulp van de bijlage B5 t/m B8 berekende minimumbochtlengthten in acht te nemen.

De rekenkundige bepaling van de dimensionering van uitzettingsbochten (expansiebochten) voor de compensatie van lengteveranderingen wordt in hoofdstuk 7.2.10 gedetailleerd behandeld.

### 6.6.2 Compensatoren

Indien lengtecompensatie met behulp van uitzettingsbochten niet of slechts gedeeltelijk mogelijk is, dienen compensatoren te worden toegepast. Zij zijn tevens vereist op minder belastbare aansluitpunten zoals pomp- en reservoirverbindingen.

Bovendien dienen compensatoren voor de reductie van trillingen en de overdracht daarvan op bouwconstructies.

De constructie en de uitvoering van de compensatoren zijn afhankelijk van de bedrijfsdruk en -temperatuur.

#### - Axiale compensatoren

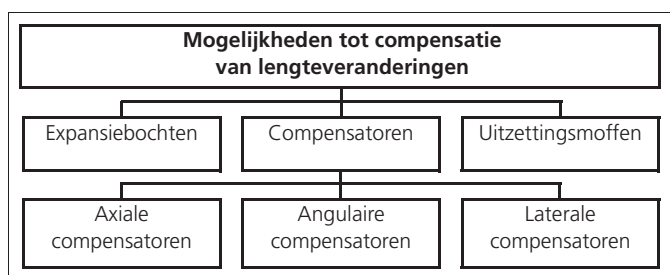
Axiale compensatoren dienen met name voor het opnemen van lengteveranderingen in de buis. In combinatie met trekstangen kunnen zij krachten in lengterichting opnemen, echter geen dwarskrachten.

#### - Laterale compensatoren

Laterale compensatoren dienen voor het opnemen van zowel bewegingen in axiale richting als bewegingen dwars op de buis, en vormen in combinatie met trekstangen een krachtgesloten element in axiale richting.

#### - Angulaire compensatoren

Angulaire compensatoren worden ook wel scharniercompensatoren genoemd. Zij zijn geschikt voor het compenseren van grote lengteveranderingen in zowel horizontale als verticale leidingsystemen. De lengteverandering wordt bij scharniercompensatoren gecompenseerd door middel van afbuiging van de leidingtracés.



Afbeelding 6.4 Compensatie van lengteveranderingen

#### - Krachten in leidingtracés met compensatoren

Iedere lengteverandering in het leidingsysteem genereert een weerstand, waarvan de omvang wordt beïnvloed door het compensatie-element dat wordt toegepast. Hoe lager deze weerstand is, des te kleiner zijn de reactiekrachten, en des te groter is de effectieve lengteverandering ( $\Delta l$ ). Door de lengteverandering van de leiding wordt de compensator samengedrukt en vervormd, waardoor de compensator een bepaalde reactiekracht uitoefent.

De reactiekracht (= vastpuntbelasting) bestaat uit de vervormingsweerstand van de compensator en de kracht in lengterichting die het gevolg is van de inwendige druk, gerelateerd aan het effectieve doorsnedeoppervlak van de compensator.

Het is niet uit te sluiten dat de vastpuntbelasting bij inbouw van een compensator groter zal zijn dan bij de variant uitzettingsbocht. Bij de dimensionering van de vastpuntconstructies dient hiermee rekening te worden gehouden.

#### - Algemene instructies met betrekking tot compensatoren

Bij de inbouw van compensatoren zijn de volgende instructies van belang:

- Compensatoren dienen, om optimaal te kunnen functioneren, te worden aangebracht tussen twee vastpunten.
- De afstand tot een glijbeugel mag niet groter zijn dan 3 x de buisdiameter.
- Tussen twee vastpunten mag slechts één compensator worden aangebracht.

### 6.6.3 Uitzettingsmoffen

Uitzettingsmoffen zijn uitsluitend geschikt voor het opnemen van axiale lengteveranderingen. Bovendien mogen uitzettingsmoffen uitsluitend worden toegepast in leidingsystemen waarin geen belasting door overdruk wordt verwacht (ondichtheid in het afdichtingsbereik van de mof). Bij het transport van abrasieve media (bijv. hydraulisch transport van vaste stoffen zoals mengsels van kwartsand en water) mogen geen uitzettingsmoffen van Akatherm worden toegepast. Informatie met betrekking tot de functie alsmede bijzonderheden en toepassingsgebieden van uitzettingsmoffen is opgenomen in hoofdstuk 8. Door in de onmiddellijke nabijheid van de mof geleidingsbeugels (oplegpuntschalen) aan te brengen, wordt gewaarborgd dat de leiding niet zijwaarts kan knikken. De uitzettingsmof is in lengterichting niet krachtgesloten en dient eveneens te worden aangebracht tussen twee vastpunten. De hieruit resulterende vastpuntbelasting is lager dan bij toepassing van compensatoren. Een typisch voorbeeld van de toepassing van uitzettingsmoffen is de toepassing ten behoeve van lengtecompensatie in een starre verbindingsleiding tussen twee of meer reservoirs.

## 6.7 Beugeling

Beugeling, ook wel buislagers, beugels of buisbevestigingen genoemd, dient alle belastingen die optreden in een leidingsysteem veilig over te dragen op een onderconstructie. Om dit samenspel tussen leiding en beugeling goed te laten verlopen zijn een functionele uitvoering en montage van de bevestigingselementen vereist. Voorbeelden van beugeling van een leidingsysteem zijn opgenomen in afbeelding 7.13.

### 6.7.1 Steun- en dwarsgeleidingsschalen

Een steun- en dwarsgeleidingsschaal (steun- en dwarsgeleidingsbeugel) kan uitsluitend verticale krachten opnemen en dient een zo laag mogelijke weerstand te bieden aan alle bewegingen die worden veroorzaakt door het bedrijf. Bij de inbouw van steun- en dwarsgeleidingsschalen dient men rekening te houden met het feit dat de leiding zowel in lengterichting als dwars op de buis beweegt. Omdat de bevestiging uiterst trillingsgevoelig is, wordt de inbouw in leidingsystemen die werken met pompen niet of uitsluitend in combinatie met glijbeugels aanbevolen.

### 6.7.2 Glijbeugels

Een glijbeugel dient zijwaartse afwijking van de leiding te voorkomen. De glijbeugel is door zijn speciale constructie in staat om dwarskrachten op te nemen. Door oplegpuntschalen aan te brengen wordt gewaarborgd dat een buisstreng ook bij axiale spanning niet kan knikken.

### 6.7.3 Criteria voor de toepassing van beugeling

De belangrijkste criteria voor de toepassing van beugelingen in een kunststof leidingsysteem zijn:

- Leidingen dienen ter plaatse van de oplegging zo mogelijk te worden uitgerust met een beugel. Voor zover niet is vereist dat de buis in de beugel kan glijden, kunnen kunststof- of rubbervoeringen worden toegepast. De buis mag ter plaatse van de bevestiging echter niet worden platgedrukt.
- Voor zover de buis zich vrij en ongehinderd kan bewegen in de beugeling (beugel), dient de inwendige diameter van de beugel groter te zijn dan de uitwendige diameter van de buis.



## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

- Beugels mogen geen scherpe randen hebben en niet lineair worden bevestigd. Puntvormige steunen zijn evenmin toelaatbaar.
- Leidingen met een grotere diameter worden vaak uitgerust met zadelvormige steunen. De omvattingboog van de buisoplegging dient minimaal 90° te zijn. Tevens dient te worden gezorgd voor een geschikte ophefbeveiliging.
- De uitzetting van de buisstreng mag niet worden belemmerd door de beugelconstructie. De uitvoering van het glijvlak dient corrosiebestendig te zijn. Daarnaast dient de schuifweg toereikend te zijn. Zo nodig dient een aanslag te worden voorzien.
- Bij een leiding zonder lengtecompensatie (axiale spanning) dienen de toelaatbare spanwijdten (LA) volgens bijlage B4 te worden vergeleken met de kritische kniklengte  $L_K = L_F$  (beugelafstanden) volgens bijlage B10.  
De uit deze formule resulterende kleinste waarde dient te worden toegepast als werkelijke waarde, d.w.z.  $L_{is} \leq L_X$  (waarbij  $L_X = f(L_A, L_K, L_F)$ ). Als toelaatbare bevestigingsafstand geldt:

$$L_{is} \leq L_K \text{ waarbij } L_K \leq L_F < L_A$$

Formule 6.8

Dit geldt met name voor buizen met een kleine diameter.

- Indien de beugelafstanden om constructieve redenen zeer ruim dienen te worden genomen, is het tevens noodzakelijk halfschalen of een meegevoerde houder (bijv. installatierail) te voorzien. De halfschaal dient bovendien voor de stabilisatie van kleine leidingen en voorkomt een grotere doorbuiging van leidingsystemen met relatief hoge werktemperaturen. De halfschaal en de buis worden met behulp van de spanband met elkaar verbonden. Daarbij moet worden gewaarborgd dat de buis ondanks de extra halfschaal ongehinderd kan glijden in de beugel en/of expansiemof.
- Indien vanwege warmte-uitzetting het risico bestaat dat de leiding losraakt van de ondersteuning, of indien in buisdelen die in verticale richting schuin verlopen hangglagers dienen te worden aangebracht, kan het noodzakelijk zijn extra veerelementen in te bouwen (constanthangers).
- Steun- en dwarsgeleidingsschalen (steun- en dwarsgeleidingsbeugels) dienen te worden voorzien indien bewegingen in alle richtingen kunnen optreden. Omdat de door deze schalen (beugels) gedragen leiding echter zeer trillingsgevoelig is, zijn de nodige tussenbeugels met dempende werking vereist.
- In geval van bevestiging van de leiding ter plaatse van uitzettingsbochten dienen te allen tijde steun- en dwarsgeleidingsschalen (steun- en dwarsgeleidingsbeugels) te worden toegepast. Hierdoor dient te worden gewaarborgd dat de toelaatbare ondersteuningslengte ook bij grote uitzettingsbochten niet wordt overschreden.
- Radiale geleidingsbeugels (oplegpuntschalen) dienen met name te worden aangebracht in verticale leidingen. Zij moeten zo zijn geconstrueerd dat bewegingen in buisrichting mogelijk zijn, en tegelijkertijd de buis niet kan knikken. Daarnaast kunnen reactiekrachten die ontstaan door trillingen ter plaatse van de radiale geleidingsbeugel worden afgevoerd.

### 6.7.4 Vastpunten

Vastpunten dienen verschuiving of beweging van de leiding in iedere richting te voorkomen. Daarnaast dienen zij voor het opnemen van reactiekrachten, bijv. bij toepassing van compensatoren of uitzettingsmoffen. Indien een leidingsysteem zo wordt geïnstalleerd dat lengtecompensatie niet mogelijk is (axiale spanning), dient speciale aandacht te worden besteed aan de uitvoering van de vastpunten. De rekenkundige bepaling van vastpuntbelastingen wordt uitvoerig behandeld in hoofdstuk 7.2.11.

### 6.7.5 Uitgangspunten met betrekking tot de locaties en de uitvoering van vastpunten

- De locaties van vastpunten dienen zo te worden gekozen dat de richtingsveranderingen in het verloop van de leiding kunnen worden gebruikt voor het opnemen van lengteveranderingen.
- Het vastpunt dient bestand te zijn tegen alle belastingen die kunnen optreden. Ten opzichte van de reactiekrachten ten gevolge van wrijving ter plaatse van de oplegpunten en vervorming van de expansiebochten, ontstaan in geval van vaste inklemming van leidingtracés meestal grotere krachten.
- Om de krachten te kunnen overdragen op de vastpuntconstructie dient de buis te zijn voorzien van geschikte draagrings. Het is niet toereikend om de buis uitsluitend in de beugel te klemmen. Dit leidt in veel gevallen tot vervorming van de buisdoorsnede of beschadiging van het buisoppervlak.
- Het leidingsysteem dient zo mogelijk bij lage omgevingstemperaturen in de vastpunten te worden vastgezet, om ervoor te zorgen dat in geval van verwarming (bij bedrijf) overwegend drukspanningen ontstaan.
- Indien zich in leidingtracés flensverbindingen bevinden tussen de vastpunten kunnen de dichtingsvoorspankrachten door trekspanningen verminderen. Dit kan ondichtheid van de flensverbinding tot gevolg hebben.
- Bij verticale leidingdelen dienen vastpunten te worden voorzien die het eigen gewicht en dynamische belastingen opnemen. De locaties daarvan dienen zo te worden gekozen dat de verticale lengteverandering in de horizontale aansluittracés geen ontoelaatbare buigbelasting veroorzaakt.

### 6.7.6 Afsluiterbevestiging

Op plaatsen waar afsluiters of andere zware elementen het leidingsysteem kunnen belasten, dient een extra ondersteuningsconstructie te worden aangebracht. De bevestiging van de afsluiters dient niet alleen ter ontlasting van het gewicht, maar voorkomt tevens de overdracht van te grote bedieningskrachten op het leidingsysteem. Door middel van passende constructieve maatregelen dient ervoor te worden gezorgd dat de afsluiters kunnen worden vervangen zonder dat demontage van de totale bevestiging noodzakelijk is. Indien de afsluiterbevestiging overeenkomt met een gefixeerd vastpunt dient rekening te worden gehouden met de werking van de verhinderde lengteverandering.

### 6.7.7 Beschermingsmaatregelen

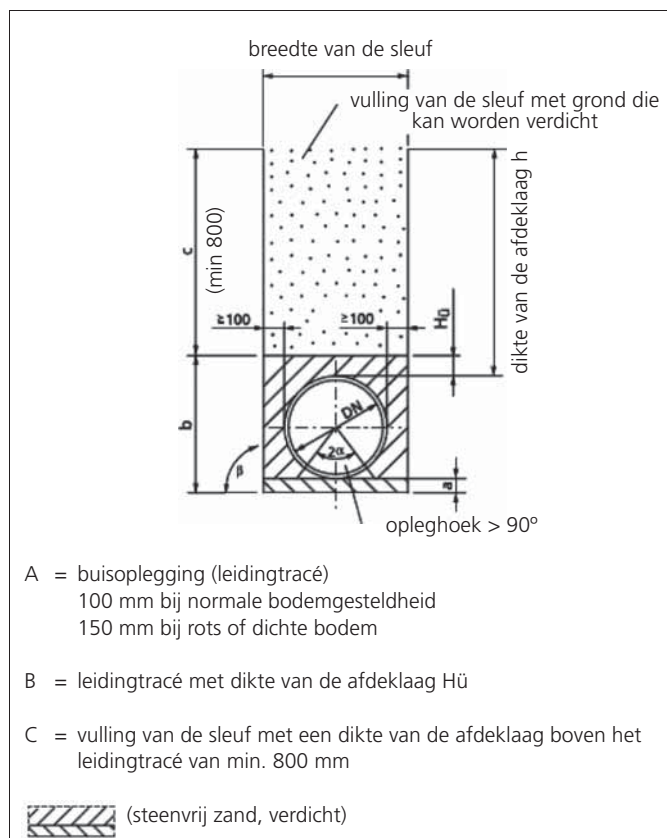
Tot de beschermingsmaatregelen voor bovengrondse leidingsystemen in de buitenlucht (bijv. op buizenbruggen) behoren isolatie tegen warmte- of koudeverlies, verwarming en UV-lichtafscherming. Beschermde leidingen worden niet meer blootgesteld aan extreme omgevingstemperaturen, wat o.a. kan leiden tot reductie van de lengteverandering. Bij de bepaling van de beugelafstanden volgens de bijlagen A8 t/m A15, B4 en B10 dient rekening te worden gehouden met het feit dat het eigen gewicht van de isolatie een grotere doorbuiging tot gevolg kan hebben. Beschermingsmaatregelen zijn tevens geschikt om de buiswandtemperaturen te beperken en op deze wijze het bereik voor de inwendige drukbelasting te vergroten. Met betrekking tot de UV- stabiliteit van PE staat in DVS 2210, deel 1, het volgende vermeld:

'Leidingen van thermoplastische kunststoffen die zijn voorzien van stabiliserende toevoegingen kunnen zonder permanente beïnvloeding door ultraviolette straling (UV-straling) in de open lucht worden toegepast. Ondanks het feit dat de thermoplastische kunststoffen zijn voorzien van lichtstabile pigmentkleurstoffen kan bestraling gedurende langere tijd met intensief UV-licht leiden tot verkleuring (verbleking van de oorspronkelijke kleur). Daarnaast kan vermindering van de slagvastheid niet worden uitgesloten.'

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

### 6.8 Uitvoering en montage van ondergrondse leidingsystemen (afbeelding 6.5)

Deze beschrijving is gebaseerd op de in Duitsland geldende richtlijnen. In Nederland dienen de richtlijnen van CROW en Stichting Arbouw te worden gevolgd.



Afbeelding 6.5 Uitvoering sleuf

De dikte van de afdeklaag bedraagt:

$H_{\min} (*) + H_{\max}$  = rekenkundige bepaling in afzonderlijke gevallen volgens ATV-richtlijn A 127

(\*) Opmerking met betrekking tot  $H_{\min}$ :

In het KRV-installatierichtlijn voor 'drukbuizen' wordt aanbevolen een sleuf zo te vervaardigen, dat alle leidingdelen zich bevinden op een vorst-vrije diepte. Afhankelijk van de klimaatzone dient de minimale dikte van de afdeklaag tussen 0,80 en 1,80 m te bedragen. Op de uitvoering van de sleuf zijn NEN EN 1610, DIN 4124 en DIN 19630 van toepassing.

#### Bodem van de sleuf - zone a

De gesteldheid en de vorm van de bodem van de sleuf dienen te worden afgestemd op de mechanische eigenschappen van de thermoplastische kunststof leiding. De aanwezige of aangebrachte oplegging dient te bestaan uit steenvrij zand en dient met behulp van geschikte apparatuur licht te worden verdicht. De leiding dient zo te worden geïnstalleerd dat een stevig oplegvlak met een omvattingenboog van minimaal 90° wordt gerealiseerd. De hoogte van de bodem van de sleuf kan worden berekend met behulp van formule 6.9, die in de praktijk vaak wordt toegepast:

$$H_{50} = \text{minimaal } 100 \text{ mm} + \frac{DN}{10}$$

Formule 6.9

$H_{50}$  = hoogte bodem van de sleuf (mm)

DN = nominale breedte van de buis (mm)

Formule 6.9 is in deze vorm opgenomen in NEN-EN 1610. In NEN-EN 1610. De de volgende minimumwaarden zijn vastgelegd die, tenzij anders vermeld, in acht dienen te worden genomen:

- normale bodemgesteldheid -> 100 mm
- rots of dichte bodem -> 150 mm

#### Inbedding van de leiding - zone b

Het vulmateriaal voor de inbedding van het leidingsysteem dient te bestaan uit steenvrije grond, zand of gelijkwaardig materiaal: het vulmateriaal dient een optimale verdichting van de bodem te waarborgen. De inbedding is in hoge mate bepalend voor de verdeling van de gronddruk en grondbelasting alsmede de vorming van een zijwaartse gronddruk op de leiding die ontlastend werkt.

De dikte van de afdeklaag ( $H_U$ ) boven de bovenkant van de buis bedraagt:

$H_U = \text{min. } 150 \text{ mm}$  boven de bovenkant buis en 100 mm boven de verbindingselementen (volgens NEN-EN 1610)

#### Vulling van de sleuf - zone c

De sleuf wordt in lagen gevuld en verdicht. Grondsoorten en stoffen die kunnen leiden tot inzakking mogen niet worden gebruikt voor het vullen van de sleuf (bijv. as, slakken, stenen). De verdichtingsgraad van het vulmateriaal wordt gemeten in % proctor ( $\%D_{95}$ ). De toepassing van zwaar tril- en verdichtingsmaterieel voor het verdichten van de bodem is bij een afdeklaag <1,0 m niet toelaatbaar. De vereiste dikte van de afdeklaag kan worden ontleend aan bijlage A4 t/m A7.

#### 6.8.1 Uitvoeringsbeginselen

De uitvoering en de vulling van de sleuf alsmede de verdichting van het materiaal zijn van grote invloed op de levensduur van het kunststof leidingsysteem.

Om deze reden dienen de volgende uitvoeringsbeginselen in acht te worden genomen:

- De leidingsleuf dient zo te worden uitgevoerd dat boven alle leidingdelen het voorgeschreven minimale gronddek aanwezig is.
- Bij de installatie van de leiding op de voorbereide bodem van de sleuf alsmede bij de aansluitende inbedding dient te worden voorkomen dat stenen in aanraking kunnen komen met de kunststof leiding (risico van kerfwerking met scheurvorming).
- In geval van een rots- of steenachtige ondergrond dient de bodem van de sleuf minimaal 0,15 m dieper te worden uitgegraven, en dient de uitgegraven grond te worden vervangen door een steenvrije laag.
- Voor het inbedden van de leiding en het verdichten van de grond over het leidingtracé zijn zand en fijne kiezels met korrelgrootte <20 mm het meest geschikt.
- In DIN 18196 'Bodemclassificatie voor bouwtechnische doeleinden en methoden voor het herkennen van bodemgroepen' zijn alle bodemsoorten die in de natuur voorkomen geïnclassificeerd. Daarbij zijn de bodemsoorten ingedeeld in:
  - groep 1: onsamenhangende, grofkorrelige bodems (zand-, grindbodems)
  - groep 2: samenhangende, fijnkorrelige bodems (sloef, klei)
  - groep 3: samenhangende, fijn- en grofkorrelige gemengde bodems (samenhangende zandbodems, grindbodems, samenhangende steenachtige verweringsbodems).
- De verdichtbaarheid van de afzonderlijke bodemsoorten en daarmee de kwaliteit van de verdichting zijn afhankelijk van de korrelaanstelling, de korrelvorm en het watergehalte. Gegevens met betrekking tot de wijze van verdichting zijn, in afhankelijkheid van de toegepaste apparatuur, vastgelegd in tabel 6.2.
- Ter voorkoming van het uitspoelen van de zandlaag dienen op hellingen eventueel stroken beton of leem te worden aangebracht. Zo nodig dient drainage te worden voorzien.
- Bij verandering van het draagvermogen van de bodem van de sleuf ten gevolge van wisselende bodemlagen dient ter plaatse van de

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

Materieel	Dienstgewicht (kg)	Bodemgroep								
		I grofkorrelig (onsamenh.)			II fijnkorrelig (samenh.)			III gemengd korrelig (samenh.)		
		Aantal geschikt	h. stuthoogte (cm)	Aantal Overg.	Aantal geschikt	h. stuthoogte (cm)	Aantal Overg.	Aantal geschikt	h. stuthoogte (cm)	Aantal Overg.
<b>1. Licht verdichtingsmaterieel (met name leidingtracé)</b>										
Trilstamper	licht	≤ 25	+ ≤ 15	2 - 4	+ ≤ 10	2 - 4	+ ≤ 15	2 - 4		
Explosie-stamper	midd.	25 - 60	+ 20 - 40	2 - 4	+ 10 - 30	2 - 4	+ 15 - 30	3 - 4		
Trilplaat	licht	≤ 100	o 20 - 30	3 - 4	+ 20 - 30	3 - 5	+ 15 - 25	3 - 5		
Tril-wals	midd.	100 - 300	+ 20 - 30	3 - 5	-	-	o 15 - 25	4 - 6		
	licht	≤ 600	+ 20 - 30	4 - 6	-	-	o 15 - 25	5 - 6		
<b>2. Middelzwaar en zwaar verdichtingsmaterieel (boven het leidingtracé)</b>										
Tril-stamper	midd.	25 - 60	+ 20 - 40	2 - 4	+ 10 - 30	2 - 4	+ 15 - 30	2 - 4		
Explosie-stamper	zwaar	60 - 200	+ 40 - 50	2 - 4	+ 20 - 30	2 - 4	+ 20 - 40	2 - 4		
Trilplaat	midd.	100 - 500	o 20 - 40	3 - 4	+ 20 - 30	3 - 5	+ 25 - 35	3 - 4		
	zwaar	500	o 30 - 50	3 - 4	+ 30 - 40	3 - 5	+ 30 - 50	3 - 4		
Tril-wals	midd.	300 - 750	+ 30 - 50	3 - 5	-	-	o 20 - 40	3 - 5		
	zwaar	750	+ 40 - 70	3 - 5	-	-	o 30 - 50	3 - 5		
		600-8000	+ 20 - 50	4 - 6	-	-	+ 20 - 40	5 - 6		

+ = aanbevolen o = meest geschikt

Tabel 6.2 Verdichtingswijzen

\* Bovenstaande gegevens zijn gemiddelde waarden. Bij ongunstige omstandigheden (bijv. hoog watergehalte, gebrekkige installatie) kan verlaging van de vermelde stuthoogten noodzakelijk zijn, terwijl bij bijzonder gunstige omstandigheden overschrijding mogelijk is. Nauwkeurige waarden kunnen alleen worden vastgesteld door middel van proefverdichting. Indien geen proefverdichting plaatsvindt mogen - behalve bij buizen van staal en gietijzer - voor de eerste laag boven het leidingtracé uitsluitend de maximumwaarden van de in de tabel vastgelegde stuthoogten worden toegepast.

overgangen een aanvulling van fijne kiezels of zand van voldoende lengte te worden aangebracht.

Op de uitvoering van de leidingsleuf zijn van toepassing:

- A-blad 'Kabel- en buizenlegger'
- CROW, RAW 2005 'Sleuf en sleufloze technieken, leidingwerk en kabelwerk'
- NEN-EN 1610 'Buitenrieling - Aanleg en beproeving van leidingsystemen'

### 6.8.2 Buigradius

Richtingsveranderingen in het tracé kunnen worden gevolgd door middel van buiging van de buisstreng.

Ter voorkoming van knikken alsmede een te grote vervorming is het raadzaam de voorgeschreven minimumbuigradius (tabel 6.3) aan te houden.

Materiaal	Buigradius bij verschillende installatietemperaturen				
	ISO-S	SDR	0° C	10° C	20° C
PE100	8	17	50 x d <sub>e</sub>	35 x d <sub>e</sub>	20 x d <sub>e</sub>
PE100	5	11	50 x d <sub>e</sub>	35 x d <sub>e</sub>	20 x d <sub>e</sub>

Tabel 6.3 Buigradius

Opmerking met betrekking tot tabel 6.3:

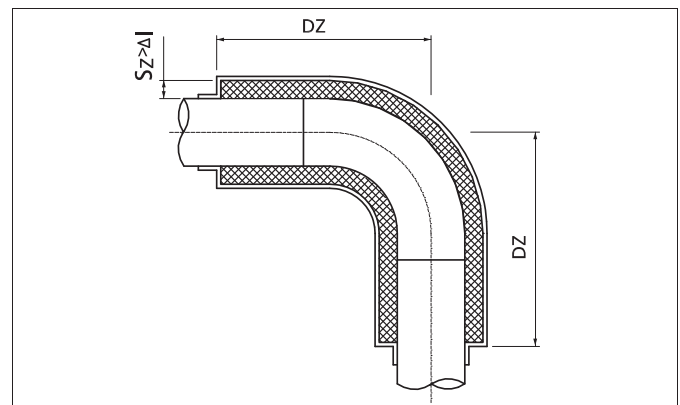
De veiligheidscoëfficiënt (SF) voor de genoemde SDR- en ISO-S-waarden bedraagt bij PE 1,6. De buigradius bij een installatietemperatuur van 20°C zijn rekenkundig bepaald. Voor de bepaling van de buigradius bij een installatietemperatuur van 0°C zijn de rekenkundig bepaalde waarden bij een installatietemperatuur van 20°C vermenigvuldigd met een factor 2,5. De buigradius bij een installatietemperatuur van 10°C zijn geïnterpoleerd (gemiddelden).

### 6.8.3 Aansluitleidingen

Indien ondergrondse leidingen zijn verbonden met bouwwerken dient rekening te worden gehouden met de mogelijkheid van verzakking. De elastische kunststof leiding in combinatie met een tracé dat bestand is tegen vervorming (afbeelding 6.6) over lengte DZ (lengte van de expansiebocht) voorkomt overbelasting ter plaatse van de verzakking.

### 6.9 Uitvoering en montage van in beton gestorte leidingsystemen

Kunststof leidingen die na installatie in beton worden gestort vormen een geval apart. Om deze reden worden in de toepassingstechnische richtlijnen voor drukbuizen alleen de essentiële en kritische details behandeld. Toepassing van de aanbevelingen op soortgelijke omstandigheden is mogelijk.



Afbeelding 6.6 Uitzettingszones ter plaatse van een bocht



## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

### 6.9.1 Gedrag van het leidingsysteem bij temperatuurbelasting

Zodra het leidingsysteem in beton is gestort zijn bewegingen niet meer mogelijk. Hierdoor ontstaat een leidingsysteem zonder lengtecompensatie, waardoor rekening dient te worden gehouden met hogere warmtespanningen. Aangezien tussen de rechte leiding en het beton waardoor de leiding wordt omgeven geen krachtgesloten verbinding tot stand komt, zijn het de fittingen die werken als vastpunten en overeenkomstig worden belast. Om deze reden dienen bij de installatie van het leidingsysteem maatregelen te worden getroffen ter beperking van de vormstukbelasting. Onderstaand worden enkele voorbeelden gegeven.

### 6.9.2 Belastingen ter plaatse van een bocht

Indien extreme temperatuurverschillen kunnen optreden dient een bocht te worden beschermd tegen overbelasting.

Daartoe dient met behulp van materialen die bestand zijn tegen vervorming een uitzettingszone te worden gerealiseerd. Daarbij dient de dikte van het uitzetkussen minimaal even groot te zijn als  $\Delta l$ . De lengte van de uitzettingszone komt overeen met de afmetingen van de uitzettingsbochten volgens de bijlage B5 t/m B8.

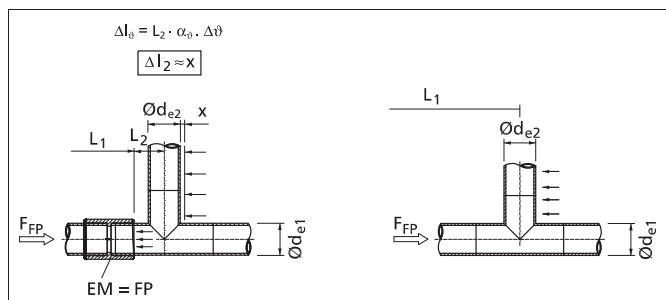
### 6.9.3 Belasting ter plaatse van een T-stuk

Door wisselende temperaturen worden vormstukken belast met oppervlaktedruk. De ongunstigste belasting treedt op bij het T-stuk, aangezien ter plaatse van het afbuigende verbindingsstuk extra schuifkrachten ontstaan.

Als belastingsbeperkend element dient in de onmiddellijke nabijheid van een fitting - waarbij een verbindingspunt de meest geschikte locatie is - een elektrosmof te worden voorzien. De kracht in lengterichting (kracht op vaste punten) ( $F_{FP}$ ) blijft weliswaar even groot, maar de vervorming wordt door de beduidend lagere  $\Delta l$  aanzienlijk verminderd. Een andere mogelijkheid om bescherming te bieden tegen overbelasting is het aanbrengen van een uitzettingszone (uitzetkussen).

### 6.9.4 Bevestiging van het leidingsysteem

Wat betreft de beugeling vereist de installatie van een in beton te storten leidingsysteem geen speciale maatregelen. De bevestiging tijdens de montage dient uitsluitend als beveiliging tegen opwaartse druk en dient te worden gezien als provisorische fixering voordat het leidingsysteem in beton wordt gestort.



Afbeelding 6.7 Schuifkrachten en krachten op vaste punten ter plaatse van T-stukken en aftakkingen van 45°

## Belastingsvormen, ontwerp- en uitvoeringsrichtlijnen

### 6.10 Samenvatting

<b>Inwendige drukbelastingen</b>	Door inwendige drukbelastingen ontstaan spanningen in verschillende richtingen. Dit kunnen omtrekspanningen, langsspanningen of tangentiale spanningen zijn.
<b>Inwendige overdruk</b>	De inwendige overdruk kan met name bij warmte-inwerking leiden tot uitzetting van de leiding. Plotselinge verandering van de bedrijfsomstandigheden kan drukstoten tot gevolg hebben.
<b>Inwendige onderdruk/uitwendige overdruk</b>	Bij inwendige onderdruk c.q. uitwendige overdruk heeft een leiding de neiging in te deuken, d.w.z. de leiding wijkt af van de ideale vorm (cirkelvorm). Wat betreft de stabiliteit dient de kritische deukdruk te worden berekend!
<b>Buiging van de buis</b>	Buiging van de buis wordt normaal gesproken veroorzaakt door het eigen gewicht van de leiding en/of extra appendages die zijn ingebouwd, en door de buisvulling. Om deze reden dienen de vereiste beugelafstanden te worden bepaald en geschikte beugeling te worden aangebracht.
<b>Temperatuurbelastingen</b>	Temperatuurbelastingen hebben zeer grote invloed op de mechanische eigenschappen van de kunststof leiding. Daarbij dient op de eerste plaats rekening te worden gehouden met de relatief grote thermische lengteverandering.
<b>Trek- en drukbelastingen in de buiswand</b>	Deze belastingen ontstaan tijdens de vervaardiging van de buis door verschillende afkoelcondities. Ter plaatse van de buitenwand van de buis (in de regel het als eerste gekoelde oppervlak) ontstaan drukspanningen, en ter plaatse van de warmere binnenzijde van de buis ontstaan trekspanningen.
<b>Grondbelasting</b>	De grondbedekking boven de buis oefent een bepaalde gewichtsdruk uit op de buis, die kan leiden tot vervorming van de buis. De grondbedekking heeft derhalve grote invloed op de statica en de levensduur van de buis.
<b>Vorm van de sleuf, inbedding en vulling van de sleuf</b>	De vorm van de sleuf beïnvloedt het draagvermogen en de stabiliteit van het leidingsysteem aanzienlijk en heeft derhalve grote gevolgen voor de levensduur van het leidingsysteem.
<b>Verkeersbelastingen</b>	Verkeersbelastingen zijn extra uitwendige belastingen die kunnen inwerken op een leidingsysteem. Verkeersbelastingen vereisen speciale beschermingsmaatregelen. Indien de voorgeschreven minimale dikte van de afdeklaag niet in acht wordt genomen dienen zo nodig beschermbuizen te worden toegepast.
<b>Spoorwegverkeersbelastingen (spoorwegovergangen)</b>	In geval van installatie onder spoorrails, spoorinstallaties en/of spoorwegovergangen dienen de installatierichtlijnen van ProRail in acht te worden genomen.
<b>Grondwater</b>	In gebieden met een hoge grondwaterstand kan het leidingsysteem worden belast door uitwendige overdruk. Hetzelfde geldt voor in beton gestorte leidingsystemen die gedurende korte tijd worden blootgesteld aan een verhoogde uitwendige druk. Voor beide gevallen dient de deukbestendigheid te worden berekend.
<b>Lengteveranderingen</b>	Lengteveranderingen van een leidingsysteem worden veroorzaakt door wisselende bedrijfstemperaturen, wisselende omgevingstemperaturen of inwendige drukbelastingen. Niet zelden overlappen de diverse beïnvloedingsfactoren elkaar.
<b>Compensatie van lengteveranderingen</b>	Lengteveranderingen kunnen worden gecompenseerd door expansiebochten, uitzettingsmoffen of compensatoren toe te passen.
<b>Expansiebochten</b>	Expansiebochten (uitzettingsbochten) dienen voor het veranderen van de lengte haaks op de uitzettingsrichting. Zij kunnen, afhankelijk van de constructieve en ruimtelijke omstandigheden, worden uitgevoerd in U-, L- of Z-vorm.
<b>Compensatoren</b>	Compensatoren worden toegepast indien andere compensatiemogelijkheden niet of slechts gedeeltelijk mogelijk zijn. De uitvoering van de compensatoren is afhankelijk van de bedrijfsdruk en de temperatuur. Toegepast worden axiale, laterale en angulaire compensatoren.
<b>Uitzettingsmoffen</b>	Uitzettingsmoffen worden met name in drukloze systemen toegepast als verbindingselement en voor het compenseren van lengteveranderingen.
<b>Beugeling</b>	Beugeling draagt belastingen die inwerken op het leidingsysteem over op de onderconstructie.
<b>Steun- en dwarsgeleidingschalen (steun- en dwarsgeleidingsbeugels)</b>	Zij kunnen alleen verticale krachten opnemen.
<b>Geleidingsbeugels (oplegpuntschalen)</b>	Zij dienen voor het opnemen van zowel verticale als horizontale krachten.
<b>Vastpunten</b>	Vastpunten in combinatie met passende beugeling voorkomen dat het leidingsysteem verschuift of beweegt.
<b>Afsluiterbevestigingen</b>	Afsluiterbevestigingen dienen niet alleen ter ondersteuning van afsluiters, maar voorkomen tevens de overdracht van reactiekrachten.
<b>Beschermingsmaatregelen bij bovengrondse leidingsystemen</b>	Deze maatregelen dienen te worden getroffen om de isolatiewerking van het leidingsysteem te verbeteren. In sommige gevallen is tevens verwarming vereist. Zo nodig dienen beschermingsmaatregelen tegen UV-straling te worden getroffen.
<b>Buigradusi</b>	Wat betreft de buiging van leidingen dient ervoor te worden gezorgd dat bepaalde buigradius niet worden overschreden (tabel 6.3).
<b>Verbindingen met gebouwen</b>	Ter plaatse van verbindingen met bouwwerken dient rekening te worden gehouden met mogelijke verzakkingen, die kunnen worden gecompenseerd door middel van het realiseren van zones die bestand zijn tegen vervorming.
<b>In beton gestorte leidingsystemen</b>	Het in beton storten van leidingsystemen werkt als vaste inklemming. Fittingen gedragen zich hier als vastpunten en worden derhalve ook overeenkomstig belast. Dit betekent dat de warmtespanningen die optreden in het leidingsysteem dienen te worden opgenomen en gecompenseerd.