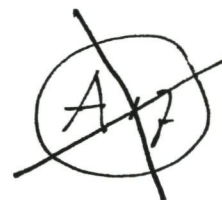


PROVINCIALE WATERSTAAT
afd. Waterhuishouding en Waterkering
onderafd. Bijz. Onderwerpen



Notitie inzake constructieve

Risico-beperkende maatregelen

bij

hogedrukpijpleidingen in stedelijk gebied

(excl. kruisingen met waterstaatswerken)

Den Haag, 86.09.15

Inhoud

I. Inleiding.

II. Risico-reductie door te treffen constructieve maatregelen.

- A. wanddiktevergroting.
- B. afscherming
- C. extra toezicht bij de uitvoering.
- D. verbod appendages (afsluiters e.d.) toe te passen.
- E. samenvatting van de maximaal haalbare risico-reducties.

III. Andere constructieve maatregelen (uit VROM-regels).

IV. Berekeningsvoorbeeld voor gasleidingen.

- A. risico-verhoging door halvering van de bebouwingsafstand.
- B. risico-reductie $\emptyset$ 12" op basis van de "verkenning".
- C. risico-reductie $\emptyset$ 12" op basis van de VROM-regels, gequantificeerd m.b.v. de "verkenning".
- D. risico-reductie $\emptyset$ 36" op basis van de "verkenning".
- E. risico-reductie $\emptyset$ 36" op basis van de VROM-regels, gequantificeerd m.b.v. de "verkenning".

Evaluatie van risico-beperkende maatregelen op basis van het PWZH-rapport "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen, in het bijzonder voor kruisingen met waterstaatswerken" (1978), verder aangeduid met "de verkenning". *(toegevoegd).*
= bijlage 4.

I. Inleiding

De "verkenning" heeft betrekking op de waterstaatkundige veiligheid en betreft geen afgeronde risico-analyse.

Aangezien in het kader van de stedenbouwkundige veiligheid (zônering langs pijpleidingen) behoefte bestaat aan inzicht in de mate, waarin constructieve maatregelen aan of nabij een pijpleiding het risico reduceren ter compensatie van onderschrijdingen van vastgestelde bebouwingsafstanden, werd aan TNO-MT een haalbaarheidsstudie opgedragen, welke - onder niet - overtuigende argumenten - een negatief resultaat opleverde.

Gegeven de hiermede ontstane situatie is in het hiernavolgende noodgedwongen gebruik gemaakt van de "verkenning". Dit betekent dat een eventuele volledige analyse in de toekomst - waarop thans geen enkel uitzicht meer bestaat - tot andere uitkomsten kan leiden en dat de voorgestelde noodoplossing onderhevig zal zijn aan critiek van de Gasunie en andere pijpleidingmijen. De Gasunie heeft de "verkenning" n.l. in het kader van het Kroonberoep tegen deze provincie (1980) te vuur en te zwaard bestreden.

II. Risico-reductie door te treffen constructieve maatregelen.

A. wanddiktevergroting

De aan de bebouwingsafstanden, gegeven in de VROM-regels voor aardgastransportleidingen, ten grondslag liggende kansberekeningen zijn gebaseerd op veldleidingen, gelegd met een standaardontwerpfactor $F_o = 0,72$. De Amerikaanse (gas- en olieleidingen) en Westeuropese (olieleidingen) casuïstiek heeft nagenoeg geheel op deze ontwerpfactor betrekking en mondt voor de 3 leidingnetten dan ook uit in dezelfde lekkagekans, zijnde $0,8 \cdot 10^{-6}/m.j.$

De "verkenning" geeft nu aan dat verlaging van de ontwerpfactor tot $F_o = 0,36$, dit komt overeen met 0,4 bij volledige sterkteberekening (zie "verkenning" sub synopsis punt 8 en Pijpleidingcode sub II.4.D: 10% wanddiktetoeslag), - halvering van de ontwerpfactor betekent verdubbeling van de wanddikte - de deellekkagekans als gevolg van "onvoldoende sterkte" en "externe corrosie" tot te verwaarlozen proporties terugbrengt^{xx} (zie "verkenning" Hoofdrapport pag. 8). E.e.a. impliceert een reductie van de totale lekkagekans (dus van het risico) met 5%, resp. 35%^{xx} voor olieleidingen en 15% voor gasleidingen, zijnde totaal 40% (olie) en 20% (gas). Met behulp van lineaire interpolatie is de navolgende tabel samen te stellen :

- xx hiervan betreft 30% externe- en 5% interne corrosie.
x de deellekkagekans als gevolg van "onvoldoende sterkte" wordt hierdoor van $\sim 10^{-7}$ gereduceerd tot 10^{-13} /m.jr. (zie "verkenning", Deelrapport C, pag. 30).

ontwerpfactor F_o	risico-reductie in %	
	gasleidingen	olieleidingen
0,72	-	-
0,65/0,62	5	10
0,55	10	20
0,45	15	30
0,35 (0,36)	20	40

B. afscherming

De kans op lekkage als gevolg van "mechanische beschadiging door derden" is nagenoeg te elimineren door beschermende maatregelen te treffen tegen beschadiging van bovenaf (graaf- en sloopwerken, heien, boren, sonderen e.d.) en van opzij (diepploegen, sleuven trekken, draineren e.d.).

De bedoelde maatregelen behelzen betonplaten op het maaiveld (de betonplaten mogen niet worden ingegraven, daar zij anders belastingverhogend werken op de pijpleiding, zie Compendium Geo-tubomechanica deel II, pag. 614; deze dekzerken met inscriptie hebben tevens een signalerende functie) en trottoirbanden of horizontale betonpalen, ingegraven naast de leiding, danwel korte stalen of betonnen damwanden.

De door deze voorzieningen teweeggebrachte reductie van de totale lekkagekans (dus van het risico) bedraagt volgens de "verkenning", Hoofdrapport pag. 8:

30% voor olieleidingen
50% voor gasleidingen.

De bijdragen van betonplaten resp. trottoirbanden/betonpalen/damwanden in de reductie worden gelijk gesteld.

C. extra toezicht bij de uitvoering

Onder deze maatregel ware mede te verstaan:

1) toepassing van een buisbekleding van gesinterde polyethyleen i.p.v. met glasdoek gewapende asfaltbitumen (d.w.z. toepassing van een superieure coating - zoals gebruikelijk in kruisingen met waterstaatswerken - i.p.v. de normale coating voor veldstrekkings). Zie Pijpleidingcode VII.3.C.

2) alle veldlassen radiografisch (röntgentechnisch) onderzoeken op lasfouten (zoals gebruikelijk voor kruisingen) i.p.v. één las op de 10, zoals usance voor veldstrekkings (steekproefsgewijze keuring). Zie Pijpleidingcode VIII.2, 2e alinea.

Volgens pag. 22 van het Hoofdrapport van de "verkenning" is maximaal 10% kans (risico) verlaging mogelijk.

D. verbod appendages (afsluiters e.d.) toe te passen

Deze maatregel levert alleen voor olieleidingen een kans (risico) reductie van maximaal 10% op.

E. samenvatting van de maximaal haalbare risico-reducties.

constructieve maatregel	risico-reductie in %	
	gasleidingen	olieleidingen
- ontwerpfactor $F = 0,35$ toepassen (= wanddikteverdubbeling)	20	40
- afscherming d.m.v. betonplaten	25	15
- afscherming d.m.v. trottoirbanden/damwanden/palen	25	15
- extra toezicht bij uitvoering	10	10
- verbod appendages toe te passen	-	10
totaal	80	90

Deze totaal-score impliceert dat het risico d.m.v. constructieve maatregelen maximaal één orde van grootte (= factor 10) omlaag te brengen is.

III. Andere constructieve maatregelen (uit VROM-regels).

maatregel b-1: een gronddekking ≥ 2 m, gecombineerd met extra markering of bewaking. Uit de "verkenning" is het risico-reducerend effect hiervan niet te bepalen. Alleen van de Amerikaanse casuïstiek is de gronddekking bekend; deze is echter steeds ≤ 1 m (eis in stedelijk gebied > 60 cm, in landelijk gebied geen eisen).

Aan het toepassen van een grotere gronddekking in stedelijk gebied zijn overigens grote praktische bezwaren verbonden, omdat later te leggen kruisende leidingen om redenen van grondmechanische en juridische aard altijd ruim onder een reeds aanwezige leiding moeten worden doorgevoerd.

maatregel b-4: het toepassen van materiaal met een hogere gespecificeerde minimum kerftaaiheid. Hierbij wordt niet bedoeld op een verhoging van de Nederlandse gasnorm (gem. 35 J, min. 27 J) tot de Europese ontwerp-norm (gem. 40 J, min. 31 J). Het risico-reducerend effect van een dergelijke verhoging is min of meer af te leiden uit een rapport van ir. P.H.A. Rietjens van de Gasunie, getiteld "Scheurpropagatie in gastransportleidingen" (1981) en impliceert ongeveer het volgende (geldt voor veiligheidszone waterkeringen) :

voor zgn. A-pijp ($F_o = 0,72$): risico-reductie 15%
 voor zgn. B-pijp ($F_o = 0,65$): risico-reductie 5%
 voor zgn. C-pijp ($F_o = 0,55$): risico-reductie 0%
 voor zgn. D-pijp ($F_o = 0,45$): risico-reductie 0%

In een stedelijke situatie zijn deze percentages waarschijnlijk geïmpliceerd. Aangezien dit verschijnsel echter niet in de gangbare effectberekeningen wordt meegenomen, mag deze maatregel niet worden gehonoreerd met een reductie % (maatregel moet "sowieso" genomen worden ter compensatie van extra risico!).

Toepassing van pijpmateriaal met hogere gespecificeerde minimum kerftaaiheid dan nodig is om doorgaande scheurvorming over meerdere buislengten te voorkomen, is echter wél bedoeld om het incasseringsvermogen van de pijp ten aanzien van mechanische beschadiging door derden te verhogen. Het effect is gering (naar globale benadering 2,5 % risico-reductie bij regionale leidingen $\varnothing 12"$, 1% bij $\varnothing 16"$ en 5% bij $\varnothing 8"$).

IV. Berekeningsvoorbeeld voor gasleidingen

A. risico-verhoging door halvering van de bebouwingsafstand

Met behulp van de grafieken op pag. 181 en 182 van het TNO-MT-rapport voor VROM van 1982 is het volgende af te leiden.

bebouwingsafstanden vlgs. VROM-regels (nov.'84):

$\varnothing 12"/40$ bar $\rightarrow 14$ m

$\varnothing 36"/67,5$ bar $\rightarrow 35$ m.

pag. 181 $\rightarrow$ halvering van 14 m levert een verhoging van het individueel risico met ca. 150% (VROM toetst uitsluitend aan individueel risico, de provincie Z.H. tevens aan groepsrisico).

pag. 182 $\rightarrow$ halvering van 35 m levert een verhoging van 15%

Benodigde compensatoire risico-reductie d.m.v. constructieve maatregelen:

$$\varnothing 12" \rightarrow \alpha \cdot 250\% = 100\% \rightarrow \alpha = \frac{1}{2,5} = 0,4,$$

d.w.z. 60%

$$\varnothing 36" \rightarrow \alpha \cdot 115\% = 100\% \rightarrow \alpha = \frac{1}{1,15} = 0,87 \rightarrow \text{d.w.z. } \underline{13\%}$$

B. risico-reductie $\varnothing 12"$ op basis van de "verkenning".

Uitgegaan wordt van D⁺-pijp ($F_o = 0,40$).
 toelichting:

$$p = 40 \text{ bar}$$

$$D_u = 31,43 \text{ cm. API-5 L-grade B: } \sigma_{\text{vl}} = 2460 \text{ kg/cm}^2.$$

$$t_{\text{min}} = t_{\text{nom.}} - 12\% = 7,14 \text{ mm} - 12\% = 6,28 \text{ mm.}$$

$$\sigma_r = \frac{p \cdot D_u}{2 t_{\text{min}}} = \frac{40 \cdot 31,43}{2 \cdot 6,28} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_o = \frac{\sigma_r}{\sigma_{\text{vl}}} = \frac{1000}{2460} = 0,40.$$

* dit is de kleinste nominale standaardwanddikte voor $\varnothing 12"$ (zie Pijpleidingcode pag. 19). Incidenteel (kruisingen) worden 8,74 en 9,52 mm toegepast.

Bij deze ontwerpfactor is reeds 17,5 % risico-reductie verkregen. Door toepassing van betonplaten en troittoirbanden e.d. wordt totaal $17,5 + 50 = 67,5$ % reductie gerealiseerd, d.i. > 60% (benodigd).

C. risico-reductie Ø 12" op basis van de VROM-regels, gequantificeerd m.b.v. de "verkenning".

Volgens VROM zouden de combinaties van maatregelen a + b - 1, 2, 3 of 4 voldoende compensatoir zijn. Vanuit de optiek van de "verkenning" wordt hierbij het volgende opgemerkt.

ad a.

De ontwerpfactor F_0 wordt met 0,1 verlaagd tot 0,30. T.a.v. de lekkage-oorzaken "onvoldoende sterkte" en "externe corrosie" is deze maatregel weinig efficiënt, aangezien deze deellekkagekansen reeds bij een $F_0 = 0,35$ zijn te verwaarlozen; de risico-reductie is dan ook slechts 20,5%. T.a.v. andere lekkage-oorzaken is een kansreducerend effect in principe mogelijk, b.v. "mechanische beschadiging door derden". Uit Britse veldproeven, waarbij diverse graafmachines op verscheidene ondergrondse proefpijpleidingen zijn "losgelaten", zou vlgs. de Gasunie zijn bevonden dat er bij wanddikten groter dan 9,52 mm geen perforatie optrad. In de "verkenning" is op basis van de Westeuropese (olie) casuïstiek iets dergelijks gevonden (zie Deelrapport D, pag. 28a). Het aantal incidenten was echter te gering om betrouwbare conclusies te kunnen trekken, zodat voorhands wordt uitgegaan van indifferentie. De wanddikte bij $F = 0,30$ is overigens 9,52 mm. Toelichting:
 $\sigma_r = 0,30 \cdot 2460 = 738 \text{ kg/cm}^2$.

$$738 = \frac{40.31,43}{2 \cdot t} \rightarrow t_{\min} = \frac{40.31,43}{2 \cdot 738} = 0,85 \text{ cm.}$$

$$t_{\text{nom}} = t_{\min} + 12\% = 8,5 \cdot 1,12 = 9,52 \text{ mm (standaard).}$$

ad b-1 (grotere gronddekking)

Het risico-reducerend effect van deze maatregel is onbekend en zal inductief nooit zijn te vinden, omdat de casuïstiek geen grotere gronddekkingen dan 1 m aangeeft.

Het risico-reducerend effect van deze maatregel kan wel worden gequantificeerd door toepassing van een combinatie van inductieve- en deductieve elementen.

- inductief:

op pag. 16 van Deelrapport A van de "verkenning" staat vermeld dat de bijdrage van de landbouw in het aantal lekkage-incidenten als gevolg van "mechanische beschadiging door derden" in Amerika rond de 25% ligt.

- deductief:

de diepteligging van landbouwdrains in Nederland bedraagt 0,80 - 1,20 m ÷ m.v.; diepploegen geschiedt tot diepten van 1,50 - 2,00 m. Een veilige gronddekking is te stellen op 2,30 m.

Conclusie:

het risico-reducerend effect van b-1 is als volgt te benaderen:
voor gasleidingen $0,25 \cdot 50\% = 12,5\%$, afgerond 10%.
voor olieleidingen $0,25 \cdot 30\% = 7,5\%$, afgerond 5%.

ad b-2 (betonplaten)

zie sub II-B van deze notitie (reductie 25%).

ad b-3 (damwanden)

idem

ad b-4 (hogere kerftaaiheid).

zie sub III van deze notitie.

N.B.:

de maatregelen b-1 t/m b-4 hebben alle betrekking op de lekkage-oorzaak "mech. beschadiging door derden". Bij b-4 wordt ter toelichting opgemerkt dat het gevaar van scheurpropagatie alleen aanwezig is, indien de initiële scheur groter is dan de zgn. kritische scheurlengte, die in de orde van 40 cm ligt. Volgens de Gasunie is dit praktisch alleen mogelijk bij mech. beschadiging. E.e.a. impliceert dat sommige van de 4 b-maatregelen elkaar uitsluiten, n.l.: (b-2) + (b-3) maken b-1 en b-4 zinloos en b-3 ontnemt b-1 het effect.

Resumptie van de te bereiken risico-reducties met de maatregelen uit de VROM-regels.

a + (b-1):

zonder a ($F_0 = 0,40$)	→ 17,5% reductie
a	→ 2,5% reductie (voorlopig standpunt)
b-1	→ 10% reductie
Totaal 30%	< benodigde 60%, dus <u>ruim onvoldoende</u> .

a + (b-2):

zonder a	→ 17,5% reductie
a	→ 2,5% reductie (voorlopig)
b-2	→ 25% reductie
Totaal 45%	< 60%, dus <u>onvoldoende</u> .

a + (b-3):

zonder a	→ 17,5% reductie
a	→ 2,5% reductie (voorlopig)
b-3	→ 25% reductie
Totaal 45%	< 60%, dus <u>onvoldoende</u> .

a + (b-4):

zonder a	→ 17,5% reductie
a	→ 2,5% reductie (voorlopig)
b-4	→ 2,5% reductie
Totaal 22,5%	< 60%, dus <u>ruim onvoldoende</u> .

Conclusie t.a.v. Ø 12" :

de VROM-combinaties van maatregelen zijn alle onvoldoende compensatoir voor halvering van de bebouwingsafstand.

Voorgesteld wordt in dit rekenvoorbeeld (b-2) + (b-3) toe te passen i.p.v. de VROM-combinaties.

D. risico-reductie Ø 36" op basis van de "verkenning"

Uitgegaan wordt van B-pijp ($F_o = 0,65$), omdat A-pijp door de Gasunie voor nieuwe leidingen niet meer wordt toegepast, mede i.v.m. het risico van scheurpropagatie (zie rapport van ir. Rietjens).

$$p = 67,5 \text{ bar} \quad \sigma_r = \frac{p \cdot D_u}{2t_{\min.}} = \frac{67,5 \cdot 91,44}{2t_{\min.}} = 0,65 \cdot 3920 = 2548 \text{ kg/cm}^2.$$

$$D_u = 91,44 \text{ cm.}$$

$$\sigma_{v1} = 3920 \text{ kg/cm}^2 \text{ (API-5L-X 56).}$$

$$t_{\min.} = \frac{67,5 \cdot 91,44}{2 \cdot 3920} = 1,21 \text{ cm.}$$

$$t_{\text{nom.}} = t_{\min.} + 5\% = 12,1 \cdot 1,05 \text{ mm} \approx 12,86 \text{ mm (standaard)}$$

Op grond van de "verkenning" is wanddiktevergroting tot D-pijp ($F_o = 0,45$) compensatoir (risico-reductie = 15% > benodigde 13%).

Een andere mogelijkheid is "extra toezicht bij de uitvoering" c.a. Dit levert samen met het feit dat uitgegaan wordt van B-pijp ($F_o = 0,65$) een risico-reductie op van $10 + 5 = 15\% > 13\%$.

E. risico-reductie Ø 36" op basis van de VROM-regels, gequantificeerd m.b.v. de "verkenning".

ad a.

De ontwerpfactor F_o wordt met 0,1 verlaagd tot 0,55 (C-pijp). Dit levert een extra risico-reductie op van 5%.

ad b.

zie hiervoor het gestelde sub C van dit hoofdstuk.

Resumptie van de te bereiken risico-reducties met de maatregelen uit de VROM-regels.

a + (b-1):

zonder a ($F_o = 0,65$)	→ 5% reductie
a	→ 5% reductie
b-1	→ 10% reductie
Totaal 20% > benodigde 13%, dus <u>voldoende</u> .	

a + (b-2):

zonder a	→ 5% reductie
a	→ 5% reductie
b-2	→ 25% reductie
Totaal 35% > 13%, dus <u>ruim overgecompenseerd</u> .	

a + (b-3):

zonder a → 5% reductie

a → 5% reductie

b-3 → 25% reductie

Totaal 35% > 13%, dus ruim overgecompenseerd

a + (b-4):

b-4 → 0% reductie

zonder a → 5% reductie

a → 5% reductie

Totaal 10% < 13%, dus onvoldoende.

Conclusie t.a.v. Ø 36":

De VROM-regels zijn bij 1 combinatie van maatregelen onvoldoende compensatoir, bij 2 andere wordt ruim overgecompenseerd. Voorgesteld wordt in dit rekenvoorbeeld (b-2) of (b-3) toe te passen i.p.v. de VROM-combinaties.

Voor nieuwe leidingen verdient ook a + (b-1) overweging.

ir. R.A.J. de Kock