

SP-02-009

3650-1.

**voorstel aanpassing toets
pijpleidingen LTV-2002**

(concept)

Provincie Zuid-Holland
Directie Groen Water & Milieu
Afdeling Water
Bureau Integrale Waterstaatkundige Veiligheid

Opstellers:

H.A. Schelfhout
M. Hollebek
J.A. Beijersbergen

← zie enige opmerkingen.

[Handwritten signature]
02.02.08

21 januari 2002

1 Huidige methodiek

In de huidige LTV-1999 is voor de toetsing van stalen lagedrukleidingen een begrenzing ingebouwd, die is gebaseerd op de diameter. Voor lagedrukleidingen (< 10 bar) > 500 mm is op basis van een globale toets maximaal de score "voldoende" (niet onveilig) mogelijk. Voor lagedrukleidingen > 500 mm, die niet aan deze toets voldoen, dient ter verkrijging van de score "voldoende" een sterkteberekening te worden uitgevoerd volgens de pijpleidinggebonden NEN-normen. Lagedrukleidingen < 500 mm krijgen pro forma de score "voldoende". In hoeverre deze pragmatische benadering veilig genoeg is, is slechts kwalitatief onderbouwd. Door het ontbreken van een aantal sterkte-eisen (m.b.t. de relatieve sterkte en binnen de veiligheidszone) en het ontbreken van een vervangende waterkering is er van uitgegaan dat de score "goed" onhaalbaar is.

- x Voor de toetsing is ook in kwantitatieve zin van belang te weten of de score "voldoende" gerechtvaardigd is. Bovendien is er in de praktijk behoefte aan een snelle globale toets voor veel voorkomende kleine leidingen, die niet direct van belang zijn voor de veiligheid (indirect kunnen deze leidingen via sluipende lekkage wel de microstabiliteit ongunstig beïnvloeden). Dit past ook in de wens van beheerders om voor de toetsing niet te worden opgezadeld met onevenredig veel gedetailleerde en/of geavanceerde toetsen, wat in principe dient te worden voorbehouden aan de leidingen, die via erosie direct van invloed zijn op de veiligheid.

2 Toetsschema

2.1 Algemeen

- xx In de nieuwe LTV-2002 wordt voor ~~bij~~ de toetsing van niet waterkerende objecten zoveel mogelijk uitgegaan van een standaard beoordelingsschema (zie bijlage 1). Bij de nadere uitwerking voor pijpleidingen wordt dit schema zoveel mogelijk gevolgd.

2.2 Beoordelingsprofiel

Voor de toetsing van niet-waterkerende objecten wordt in de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV) een beoordelingsprofiel gedefinieerd. Dit is een hulpmiddel om te kunnen beoordelen of het waterkerend vermogen wordt aangetast door de aanwezigheid van objecten in, op of nabij de waterkering. In principe dient het beoordelingsprofiel vrij te zijn van objecten. Indien dat niet het geval is, dient te worden aangetoond dat dit geen nadelige gevolgen heeft voor de veiligheid.

Bij het ontwerpen van pijpleidingen in waterkeringen wordt een veiligheidszone gedefinieerd, waarbinnen strengere eisen gelden dan voor veldstrekkings.

De veiligheidszone bestaat uit een stabiliteitszone (= 4 maal het hoogteverschil tussen de kruin van de dijk en het maaiveld aan de binnen- of buitenzijde) plus een verstoringszone, die afhankelijk is van het type leiding (gas- of vloeistofleiding) en de gevolgen van een calamiteit (lekkage, breuk of explosie). Voorgesteld wordt om bij de bepaling van het beoordelingsprofiel tevens de veiligheidszone te betrekken.

2.3 Uitwerking van de stappen uit het schema

Bij de nadere uitwerking is het standaard beoordelingsschema voor niet-waterkerende objecten van bijlage 1 het vertrekpunt. Waar nodig is dit ten behoeve van de leidingentoets aangepast. Het resultaat staat op bijlage 2.

- x Stap 1.1: pijpleiding ligt buiten het beoordelingsprofiel en overslag $< 0,1$ l/s/m $l/s.m$

De additionele eis van $q < 0,1$ l/s/m geldt enkel voor leidingen in de kruin en het binnentalud. Bij de eerste beoordeling dient te worden nagegaan of de pijpleiding buiten het beoordelingsprofiel ligt. Als dat zo is, is de score GOED. Als dat niet zo is dient aan de hand van het beoordelingsspoor ST van katern 5 te worden nagegaan of de stabiliteit van het grondlichaam binnen het beoordelingsprofiel niet ongunstig wordt beïnvloed.

Stap 1.2: pijpleiding beïnvloedt stabiliteit grondlichaam binnen beoordelingsprofiel ongunstig

Als de pijpleiding geen ongunstig effect heeft op de stabiliteit is de score GOED. Als de stabiliteit wel een ongunstig effect heeft op de stabiliteit dient te worden nagegaan of de dijk inclusief pijpleiding is ontworpen volgens de vigerende NEN-normen en TAW-leidraden. Tevens dient te worden nagegaan of de uitgangspunten en randvoorwaarden niet ongunstiger zijn geworden.

Stap 2: dijk inclusief pijpleiding is ontworpen volgens vigerende NEN-normen/TAW-leidraden en de uitgangspunten zijn ongewijzigd

Voor wat betreft de leiding zijn de vigerende normen NEN 3650, 3651, NEN 3652 en de bijbehorende wijzigingsbladen. De Pijpleidingcode (incl. alle revisies) wordt gelijkwaardig geacht met de vigerende normen. Dit geldt ook voor de praktijkrichtlijn NPR 3659, die o.m. eisen bevat voor horizontaal gestuurde boringen diep onder de dijk.

Voor wat betreft de dijk zijn de vigerende TAW-leidraden bepalend. Dit is incl. de Handreiking Constructief Ontwerpen, m.u.v. de daarin gestelde ~~ondergrens~~ ^{ondergrens} van 300 mm voor lagedrukleidingen (< 10 bar). Hiervoor dient (conform ~~NEN 3652~~) te worden uitgegaan van 500 mm.

Opgemerkt wordt dat bij de uitgangspunten ook het zettings/zakkingsgedrag van de dijk en de leiding dient te worden betrokken.

x Stap 3: stalen leidingen

In verband met de specifieke beoordelingsmethode voor leidingen van voor 1972 in het kader van de aanpassing van bestaande leidingen wordt voor deze categorie leidingen de beoordelingsmethode volgens stap (3) van de huidige LTV gehandhaafd. (voor tekst zie pag. 148 van de LTV-1999). E.e.a. moet nog wel worden geactualiseerd (actie PZH). Wellicht worden de eisen nog ~~kunnen worden~~ ^{worden} bijgesteld i.v.m. lopende activiteiten in het kader van ~~ontwerp~~ ^{ontwerp} NEN 3652 (actie de Kock) om tot ~~aangescherpte~~ ^{aangescherpte} toetsregels te komen. Voorlopig wordt dit aspect nog buiten beschouwing gelaten. Dit houdt in dat voor kruisingen van stalen leidingen geen hogere score dan VOLDOENDE mogelijk is. Voorlopig zijn in het beoordelingsschema voor pijpleidingen van bijlage 2 de stappen (3), (3.1), (3.2) en a), b) en c) uit het schema op pag. 148 van de LTV-1999 gehandhaafd.

Opgemerkt wordt dat de in de LTV-1999 toegekende score VOLDOENDE een pro-forma score is. De reden hiervoor was het laten vallen van een aantal ontwerpeisen (relatieve sterkte, veiligheidszone en stalen damwand), waardoor de score GOED niet haalbaar werd geacht.

Ten aanzien van de hoogteligging van de leidingkruising in de kruin zijn geen eisen gesteld. Omdat uit eerdere faalkansanalyses is gebleken dat in belangrijke mate bijdraagt aan de veiligheid van de waterkering, is het effect hiervan onderzocht middels een globale faalkansanalyse, die ook nodig is om te kunnen beoordelen of de proforma score VOLDOENDE qua veiligheid acceptabel is. Hierbij is nagegaan wat de additionele faalkans is van de waterkering als gevolg van ~~het~~ ^{de} lekkage of breuk van stalen ~~hogedruk~~ ^{hogedruk} vloeistof- en gasleidingen. Hierbij is tevens de invloed meegenomen van de hoogte van de leiding t.p.v. de kruin. De resultaten staan op bijlage 3. Hieruit blijkt dat de score VOLDOENDE uit oogpunt van veiligheid acceptabel is, onder voorwaarde dat de hoogte van de leiding niet dieper dan een bepaald niveau ligt. Daarom dient de toetsing te voorzien in een aanvullende hoogte-eis. Uit de analyse blijkt dat bij een leiding, die qua sterkte gelijkwaardig is aan een veldstrekking, en t.p.v. de kruin boven Toetspeil - 1,50 m ligt, de veiligheid is gewaarborgd. Vanwege de eenduidigheid met niet-stalen leidingen wordt voorgesteld om in de LTV-2002 uit te gaan van een aanvullende hoogte-eis van Toetspeil - 0,50 m. (zie toegevoegde stap d in het schema). Indien hieraan niet wordt voldaan kan een uitgebreide faalkans- of risico-analyse nog soelaas bieden (zie toegevoegde stap e in het schema).

Stap 4: niet stalen leidingen

* Uitgangspunt

Het voorstel is om de t.b.v. de toetsing benodigde informatie te koppelen aan de ontgrondingskuil als gevolg van erosie door lekkage, breuk of explosie van de beschouwde leiding. Hierdoor kunnen veel voorkomende leidingen, die een gering effect hebben op het waterkerend vermogen, worden uitgesloten van de toetsing en kan de toetsing worden toegespitst op leidingen, die wel effect hebben op de veiligheid. De afmetingen van de ontgrondingskuilen zijn bepaald in bijlage 4.

* Vloeistofleidingen

Bij het ontwerp van vloeistofleidingen zijn voor de keuze van de berekeningsmethode en de bepaling van de ontgrondingskuil de ontwerpdruk H (in meters vloeistofkolom) en de inwendige diameter D_i (in meters) bepalend. Zo kan, conform de NEN-normen, voor leidingen met $H^3 \times D_i^5 < 40$ worden volstaan met een vereenvoudigde berekening en is voor leidingen met $H^3 \times D_i^5 \geq 40$ een uitgebreide sterkteberekening nodig. Door de beheerders is de wens geuit om een eenvoudige toetsing voor de veelvoorkomende kleine lagedruk leidingen. Daarom is tevens een grens ingebouwd voor gevallen waarvoor geen controleberekening van de sterkte nodig is. Voorgesteld wordt om deze grens te leggen bij $H^3 \times D_i^5 = 1$. Omdat de ontgrondingskuil voor leidingen ≤ 125 mm nagenoeg niet meer wordt beïnvloed door de inwendige druk wordt ervoor gekozen om voor lagedruk leidingen ≤ 125 mm pro forma de score GOED te geven. Voor leidingen $1 < H^3 \times D_i^5 < 40$ is de score GOED als uit een vereenvoudigde sterkteberekening blijkt dat aan de eisen wordt voldaan. Voor leidingen met $H^3 \times D_i^5 \geq 40$ is voor de score GOED een uitgebreide sterkteberekening nodig.

*T
dit* Voor vloeistofleidingen is e.e.a in beeld gebracht in de grafieken van bijlagen 5a en 5b. Aan de hand hiervan kan, gegeven de inwendige druk en de inwendige diameter, worden afgelezen welke berekeningsmethode nodig is. Voorgesteld wordt om een soortgelijke grafiek op te nemen in de LTV-2002. Als aan de sterkte-eisen wordt voldaan kan de score GOED worden toegekend. Zoniet, dan kan *T* middels een uitgebreide (elastische) berekening ~~of een plastische berekening~~ worden bewerkstelligd. Als dit niet toereikend is dan kan maatwerk middels een geavanceerde faalkans- of risico-analyse nog soelaas bieden. Zoniet dan geldt de score ONVOLDOENDE.

* Gasleidingen

Vanwege de eenduidigheid wordt voor lagedruk gasleidingen ook uitgegaan van een begrenzing bij de diameter van 125 mm. De score voor gasleidingen ≤ 125 mm is dan ook zonder sterkteberekening GOED. Voor gasleidingen > 125 mm wordt de grens tussen vereenvoudigd en uitgebreid rekenen, conform de NEN-normen, gelegd bij $X = 600$ (voor bijbehorende ontgrondingsstraal zie bijlage 4). Met behulp van de grafiek van bijlage 5c kan, gegeven de inwendige druk en de inwendige diameter worden afgelezen, welke berekeningsmethode al dan niet nodig is. Voorgesteld wordt om deze grafiek op te nemen in de LTV-2002. Voor de bepaling van de score geldt verder hetzelfde als bij vloeistofleidingen.

*Φ
(Kapitaal
φ).*

Een extra aandachtspunt bij gasleidingen zijn de gevolgen van explosie. Hierbij moet worden gedacht aan verweking (speelt m.n. in zandgrond), de explosiekrater en de plastische zone (voor toelichting zie bijlage A van NEN 3651).

Opmerking:

Uit de globale faalkansanalyse van bijlage 3 blijkt dat kunststof- en gietijzeren leidingen in de kruim minstens boven Toetspeil - 0,50 m moeten liggen. Voor betonnen leidingen is dat Toetspeil - 1,00 m. Voorgesteld wordt om bij de beoordeling een aanvullende hoogte-eis op te nemen van Toetspeil - 0,50 m (deze eis is nog niet in het schema verwerkt).

Stap 5 er is een functiescheidende Bijzondere Waterkerende Constructie aanwezig

Is dat niet het geval dan is de score ONVOLDOENDE. Zoja, dan is de Bijzondere Waterkerende Constructie in de regel een vervangende waterkering in de vorm van een damwandscherm. Voor de hieraan te stellen eisen wordt verwezen naar NEN 3651 en naar katern 7 van de LTV-2002. Als hieraan wordt voldaan kan de score GOED worden toegekend. Zoniet, dan kan verdere beoordeling van de stabiliteit van de dijk geschieden aan de hand van katern 5. Als laatste (geavanceerd) redmiddel is nog een faalkansanalyse van de waterkering incl. Bijzondere Constructie mogelijk.

x Stap 6. ontbreekt!

Stap 7.1: controle en beheer/onderhoud pijpleiding

Beoordeeld wordt of controle (ook activiteiten van derden) en het beheer en onderhoud van de leidingen in voldoende mate kan worden uitgevoerd. Aandachtspunten hierbij zijn:

- aanwezigheid voldoende coating
- functioneren kathodische bescherming
- toegankelijkheid afsluiters
- conditie van afsluiters en appendages
- afname wanddikte door corrosie

Als dit allemaal positief wordt beantwoord is de score GOED. Zoniet dan geldt ONVOLDOENDE.

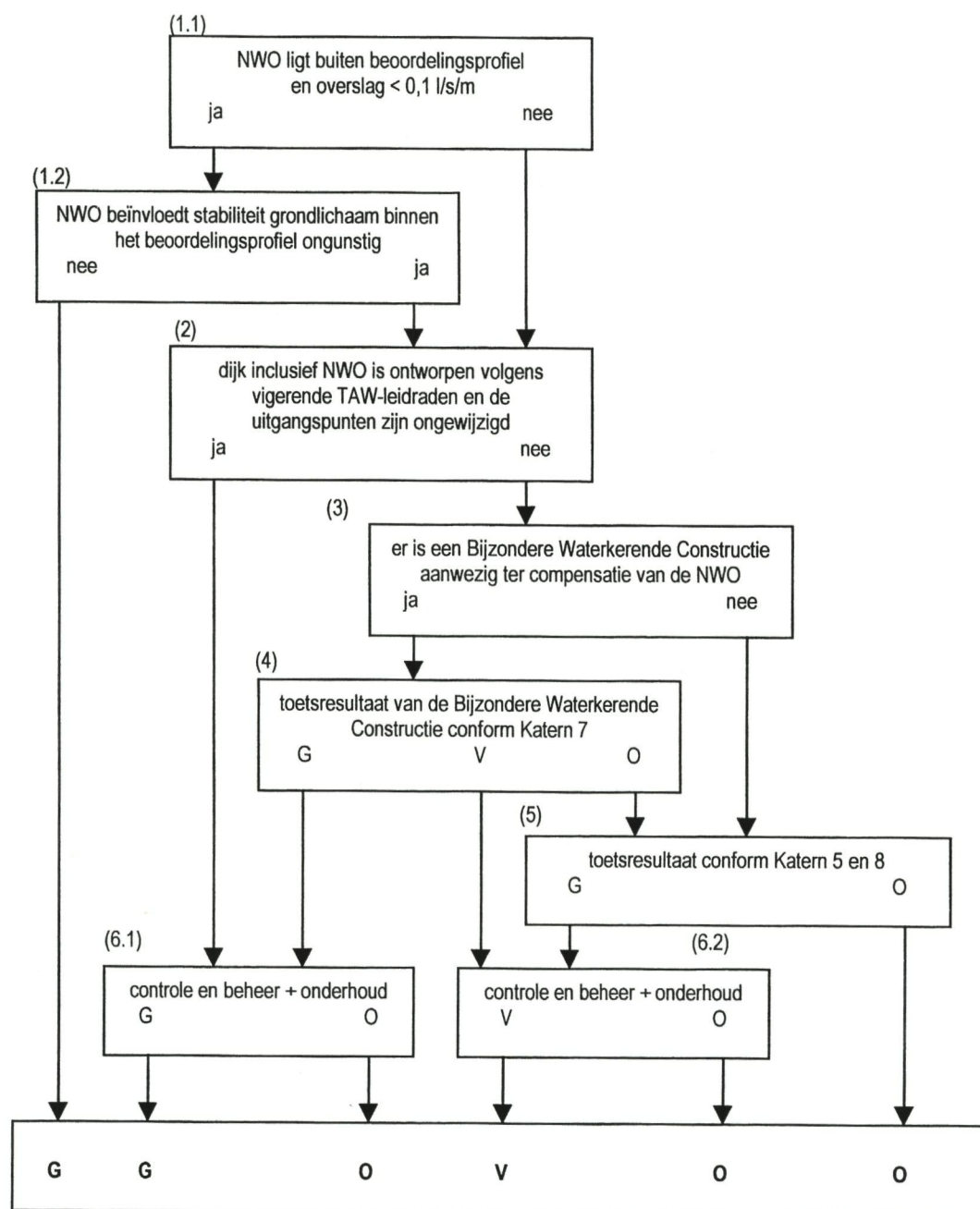
Stap 7.2: controle en beheer/onderhoud Bijzondere Waterkerende Constructie

Beoordeeld wordt of controle (ook activiteiten van derden) en het beheer en onderhoud van de constructie in voldoende mate kan worden uitgevoerd. Aandachtspunten bij damwanden zijn:

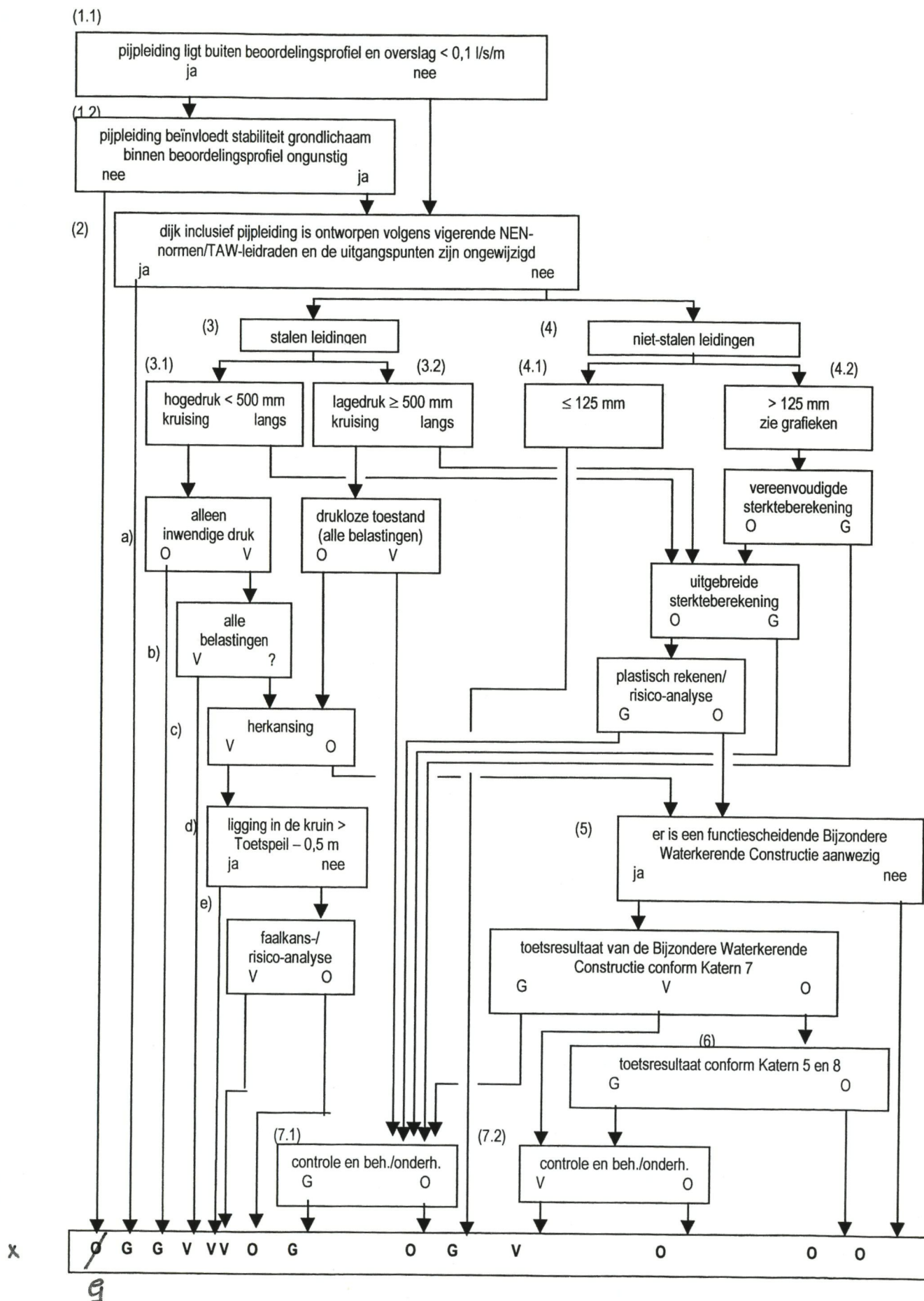
- aanwezigheid voldoende coating
 - functioneren kathodische bescherming
 - afname wanddikte door corrosie
- } *bij uitzondering.*

Als dit allemaal positief kan worden beantwoord is de score VOLDOENDE. Zoniet dan geldt ONVOLDOENDE.

bijlage 1 standaard beoordelingsschema voor niet waterkerende objecten NWO)



bijlage 2 beoordelingsschema voor pijpleidingen



bijlage 3 globale faalkansanalyse

1 Inleiding

T
van
In deze bijlage wordt aan de hand van een globale faalkansanalyse nagegaan wat de additionele faalkans ~~Wat~~ de waterkering is als gevolg van breuk, lekkage, of explosie van pijpleidingen in de veiligheidszone. Onder additionele faalkans wordt hier verstaan de kans dat de waterkerende functie, gegeven een leidingincident, niet meer kan worden vervuld.

XX
ontwerp
NEN 3651:
2001.
Het doel is om op uniforme wijze een eenduidig beeld te krijgen van de invloed op de waterstaatkundige veiligheid van leidingen in de invloedsszone van waterkeringen. Dit wordt m.n. ingegeven door het feit dat er in de ~~NEN-normen~~ voor pijpleidingen minder strenge eisen gelden voor leidingen van voor 1972 dan voor leidingen, die volgens ~~met~~ de Pijpleidingcode of NEN 3650 t/m 3652 zijn ontworpen.

X
Tevens is een uitspraak nodig of de pro forma score VOLDOENDE voor ~~stalen~~ leidingen van voor 1972 uit oogpunt van de waterstaatkundige veiligheid acceptabel is.

2 Uitgangspunten

Bij de analyse wordt voorlopig nog geen onderscheid gemaakt tussen zee-, rivier- en meerdijken. Indien nodig kan deze verfijning alsnog worden toegevoegd.

Voor de (inductieve) dysfunctiekansen van pijpleidingen is gebruik gemaakt van empirische gegevens (voortvloeiend uit ongevallenregistratie) uit het rapport "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen in het bijzonder voor kruisingen met waterstaatswerken" van 1978 van de Studiegroep Pijpleidingen voor Gassen en Vloeistoffen.

X
Uit eerdere analyses is gebleken dat niet alleen de sterkte ^{van de} leidingen, maar ook de hoogteligging van leidingen in de kruin (zonder vervangende waterkering) bijdraagt in de additionele faalkans van de waterkering. Daarom wordt de hoogteligging van de leidingen in de kruin bij de analyse betrokken.

X
Voor de toelaatbare additionele faalkans zijn er (nog) geen uniforme eisen. Hier wordt uitgegaan van een dijkkringbenadering, waarbij per faalmechanisme een deel van de in de Wet op de waterkering vastgelegde norm wordt gereserveerd; dit deel wordt de vereiste faalkansruimte genoemd. Voor de verdeling van de vereiste faalkansruimte wordt uitgegaan van een schatting volgens appendix G van de leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken - deel 2 (benedenriviereengebied). Het falen van pijpleidingen wordt hierbij geacht te vallen onder de tak "imponderabilia" van de foutenboom, waarvoor de vereiste faalkansruimte 10% van de norm is. Hiervan wordt 5% toebedeeld aan pijpleidingen. Om tot een eis per ^{en} afzonderlijke leidingkruising of langsleiding te komen speelt het totale aantal leidingen in de ringdijk en de onderlinge correlatie via de sterkte en/of de belasting een rol. Daarom moet niet worden gedeeld door het totale aantal leidingen, maar door een equivalent aantal. Voor kunstwerken varieert het equivalente aantal tussen 5 en 20. Voor leidingen wordt voorlopig als indicatie uitgegaan van 10 equivalente leidingen. Dit houdt in dat voor elke afzonderlijke kruising of langsleiding een vereiste faalruimtefactor wordt gehanteerd van $\zeta_{\text{eis}} = 0,5\%$ van de norm. Voor de waterkering wordt uitgegaan van een norm van 10^{-4} / jaar.

Voor leidingkruisingen wordt een lengte van 50 m binnen de veiligheidszone aangehouden. Deze lengte wordt ook representatief geacht voor langsleidingen.

De waterkering wordt geacht te falen als de buitenwaterstand het diepste niveau van de ontgrondingskuil (= o.k. leiding) overschrijdt. De hersteltijd van de leiding en de waterkering wordt bij de belastingduur betrokken. Hiervoor wordt een periode van 7 dagen / jaar aangehouden.

3 Uitwerking

3.1 Stalen vloeistofleidingen (van voor 1972)

* Hoge druk

Voor het toetsen van bestaande leidingen worden minder strenge eisen gehanteerd dan voor leidingen die zijn ontworpen volgens de Pijpleidingcode of NEN 3650 t/m 3652. Daarom worden voor deze categorie bestaande leidingen de faalkansen voor leidingstrekkingsrepresentatief geacht. De faalkans is mede afhankelijk van de grootte van de ontgrondingskuil, die varieert tussen 7 m en 28 m. Voorlopig is bij de analyse uitgegaan van een ontgrondingskuil van 7 m, omdat hierbij de grootste faalkans hoort. De berekeningsresultaten staan op bijlage 3a - blad 1. Hieruit blijkt dat de leiding in de kruin tenminste boven Toetspeil - 1,50 m moet liggen om aan de vereiste faalruimtefactor van $\zeta_{eis} = 0,5\%$ te voldoen. Vanwege de uniformiteit wordt veiligheidshalve, gezien de resultaten voor niet-stalen leidingen, uitgegaan van Toetspeil - 0,50 m.

Ter vergelijking:

Bij een leiding, die wel aan de ontwerpeisen voldoet (voor berekeningen zie bijlage 3a - blad 2) is de aanwezige faalruimtefactor een factor 4 kleiner. Dit betekent dat:

- de veiligheid van leidingen met ontwerpqualiteit groter is dan van leidingen zonder ontwerpqualiteit;
- de score GOED voor ontwerpqualiteit en VOLDOENDE voor stalen leidingen van voor 1972 acceptabel is, onder voorwaarde dat de leiding t.p.v. de kruin hoger ligt dan Toetspeil - 0,50 m.

Opmerking:

Langsleidingen die binnen de veiligheidszone aan de binnenzijde van de dijk liggen (m.n. in de passieve zone), kunnen de binnenwaartse stabiliteit van de dijk nadelig beïnvloeden. In feite zou op analoge wijze als voor leidingen in de kruin de additionele faalkans van de waterkering, gegeven een ontgrondingskuil als gevolg van lekkage of breuk van de leiding,

X

Voorlopig is hiervan vanwege de tijdsdruk van afgezien.

Kunnen worden bepaald.

* Lage druk

X

Voor lagedrukleidingen (10 bar) is de ontgrondingskuil maximaal 6 m. Omdat dit weinig afwijkt van de voor hogedrukleidingen in rekening gebrachte ontgrondingskuil van 7 m, worden de resultaten voor hogedrukleidingen ook representatief geacht voor lagedrukleidingen.

3.2 Stalen gasleidingen (van voor 1972)

De kans op lekkage en explosie van gasleidingen is kleiner dan die van lekkage van vloeistofleidingen. De kans op explosie is kleiner dan de kans op lekkage, zodat enkel de laatste is beschouwd. De resultaten staan op bijlage 3b. Hieruit blijkt dat voor gasleidingen zou kunnen worden volstaan met een aanvullende hoogte-eis van Toetspeil - 1,75 m. Vanwege de eenduidigheid wordt veiligheidshalve, gezien het resultaat voor niet-stalen leidingen ook voor gasleidingen uitgegaan van Toetspeil - 0,50 m.

X 3.2³ Niet-stalen leidingen

Door Omdat de faalkansen van niet-stalen leidingen hoger zijn dan die van stalen leidingen zijn deze ook in de analyse meegenomen. De faalkansen zijn ontleend aan enquête-gegevens. De resultaten staan op bijlage 3c. Hieruit blijkt dat voor kunststof en gietijzeren leidingen een aanvullende hoogte-eis dient te worden gesteld van Toetspeil - 0,50 m en voor betonnen leidingen van Toetspeil - 1,00 m. Veiligheidshalve wordt voor alle niet-stalen leidingen uitgegaan van Toetspeil - 0,50 m.

BESTAANDE LEIDINGKRUISINGEN VAN VOOR 1972

Berekening additionele faalkans hoofdwaterring als gevolg van falen hogedruk stalen vloeistofleiding

Faalkansen: stalen leiding:
(inductief) **erosiekrater > 7 m** **3,60E-05** [per jaar per kruising]
erosiekrater > 14 m 1,70E-05 [per jaar per kruising]
erosiekrater > 21 m 5,00E-08 [per jaar per kruising]
erosiekrater > 28 m 2,00E-08 [per jaar per kruising]
de faalkansen zijn empirisch (uit ongevallenregistratie) en representatief voor veldstrekingen

Waterstanden: overschr.freq.Toetspeil: 1,00E-04 [-] = norm volgens Wow
decimeringshoogte: 0,50 [m]
onzekerheidsfactor: 5,00 [-] = kansfactor (is verdisconteerd in Padd;hwk)

Padd;hwk = additionele faalkans hoofdwaterring = kans op erosiekrater in 50 m lengte van de kruising
herstelduur 7,00 [dagen] = 7/365 p.j. = tijdsduur Hw-belasting

lekkage kruising stalen hogedruk vloeistofleiding						
	erosiekrater	Pf;lekkage	Hkritiek = o.k leiding	P{Hw>Hkritiek}	Padd;hwk	aanwezige faalruimtefactor
	[m]	[1/j]	[m t.o.v. Toetspeil]	[1/j]	[1/j]	[t.o.v. norm]
	7,00	3,60E-05	0,50	1,00E-05	3,45E-11	0,0000%
	7,00	3,60E-05	0,25	2,00E-05	6,90E-11	0,0001%
	7,00	3,60E-05	0,00	1,00E-04	3,45E-10	0,0003%
	7,00	3,60E-05	-0,25	5,00E-04	1,73E-09	0,0017%
	7,00	3,60E-05	-0,50	1,00E-03	3,45E-09	0,0035%
	7,00	3,60E-05	-0,75	5,00E-03	1,73E-08	0,0173%
	7,00	3,60E-05	-1,00	1,00E-02	3,45E-08	0,0345%
	7,00	3,60E-05	-1,25	5,00E-02	1,73E-07	0,1726%
*	7,00	3,60E-05	-1,50	1,00E-01	3,45E-07	0,3452%
	7,00	3,60E-05	-1,75	5,00E-01	1,73E-06	1,7260%
	7,00	3,60E-05	-2,00	1,00E+00	3,45E-06	3,4521%

eis: 0,5%

$$P_{add} = P_f \cdot P\{H_w > H_{kf}\} \cdot \frac{7}{365} \cdot 5.$$

o.z.f.

$$\frac{P_{add}}{1,00 E-04}$$

LEIDINGKRUISINGEN DIE VOLDOEN AAN DE PLC/NEN-normen

Berekening additionele faalkans hoofdwaterring als gevolg van falen hogedruk stalen vloeistofleiding

		vloeistof	
Faalkansen: (inductief)	stalen leiding:		
	erosiekrater > 7 m	3,60E-05	[per jaar per kruising]
	erosiekrater > 14 m	1,70E-05	[per jaar per kruising]
	erosiekrater > 21 m	5,00E-08	[per jaar per kruising]
	erosiekrater > 28 m	2,00E-08	[per jaar per kruising]
de faalkansen zijn empirisch (uit ongevalregistratie) en representatief voor veldstrekkings			
	reductiefactor	0,35	i.v.m. damwand (geldt voor kleidijk; voor zanddijk geldt factor 1)
	reductiefactor	0,80	i.v.m. eis van volledige sterkteberekening

Waterstanden:	overschr.freq.Toetspeil:	1,00E-04 [-] = norm volgens Wow
	decimeringshoogte:	0,50 [m]
	onzekerheidsfactor:	5,00 [-] = kansfactor (is verdisconteerd in Padd;hwk)

Padd;hwk = additionele faalkans hoofdwaterring = kans op erosiekrater in 50 m lengte van de kruising herstelduur
7,00 [dagen] = 7/365 p.j. = tijdsduur Hw-belasting

lekkage kruising stalen hogedruk vloeistofleiding						
	erosiekrater	Pf;lekkage	Hkritiek = o.k leiding	P{Hw>Hkritiek}	Padd;hwk	aanwezige faalruimtefactor
	[m]	[1/j]	[m t.o.v. Toetspeil]	[1/j]	[1/j]	[t.o.v. norm]
	7,00	1,01E-05	0,50	1,00E-05	9,67E-12	0,0000%
	7,00	1,01E-05	0,25	2,00E-05	1,93E-11	0,0000%
	7,00	1,01E-05	0,00	1,00E-04	9,67E-11	0,0001%
	7,00	1,01E-05	-0,25	5,00E-04	4,83E-10	0,0005%
	7,00	1,01E-05	-0,50	1,00E-03	9,67E-10	0,0010%
	7,00	1,01E-05	-0,75	5,00E-03	4,83E-09	0,0048%
	7,00	1,01E-05	-1,00	1,00E-02	9,67E-09	0,0097%
	7,00	1,01E-05	-1,25	5,00E-02	4,83E-08	0,0483%
	7,00	1,01E-05	-1,50	1,00E-01	9,67E-08	0,0967%
*	7,00	1,01E-05	-1,75	5,00E-01	4,83E-07	0,4833%
	7,00	1,01E-05	-2,00	1,00E+00	9,67E-07	0,9666%

eis: 0,5%

BESTAANDE LEIDINGKRUISINGEN VAN VOOR 1972

Berekening additionele faalkans hoofdwaterring als gevolg van falen hogedruk stalen gasleiding

Faalkansen:	erosiekrater > 7 m	9,00E-06	[per jaar per kruising]
(inductief)	erosiekrater > 14 m	6,00E-06	[per jaar per kruising]
	erosiekrater > 21 m	3,00E-06	[per jaar per kruising]
	erosiekrater > 28 m	2,50E-06	[per jaar per kruising]

Stalen gasdistributieleidingen:
 $2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 12,5 \cdot 10^{-3}$

de faalkansen zijn empirisch (uit ongevallenregistratie) en representatief voor veldstrekingen

Waterstanden:	overschr.freq.Toetspeil:	1,00E-04 [-] = norm volgens Wow
	decimeringshoogte:	0,50 [m]
	onzekeheidsfactor:	5,00 [-] = kansfactor (is verdisconteerd in Padd;hwk)

Padd;hwk = additionele faalkans hoofdwaterring = kans op erosiekrater in 50 m lengte van de kruising
 herstelduur 7,00 [dagen] = 7/365 p.j. = tijdsduur Hw-belasting

lekkage kruising stalen hogedruk gasleiding						
	erosiekrater	Pf;lekkage	Hkritiek = o.k leiding	P{Hw>Hkritiek}	Padd;hwk	aanwezige faalruimtefactor
	[m]	[1/j]	[m t.o.v. Toetspeil]	[1/j]	[1/j]	[t.o.v. norm]
	7,00	9,00E-06	0,50	1,00E-05	8,63E-12	0,0000%
	7,00	9,00E-06	0,25	2,00E-05	1,73E-11	0,0000%
	7,00	9,00E-06	0,00	1,00E-04	8,63E-11	0,0001%
	7,00	9,00E-06	-0,25	5,00E-04	4,32E-10	0,0004%
	7,00	9,00E-06	-0,50	1,00E-03	8,63E-10	0,0009%
	7,00	9,00E-06	-0,75	5,00E-03	4,32E-09	0,0043%
	7,00	9,00E-06	-1,00	1,00E-02	8,63E-09	0,0086%
	7,00	9,00E-06	-1,25	5,00E-02	4,32E-08	0,0432%
	7,00	9,00E-06	-1,50	1,00E-01	8,63E-08	0,0863%
*	7,00	9,00E-06	-1,75	5,00E-01	4,32E-07	0,4315%
	7,00	9,00E-06	-2,00	1,00E+00	8,63E-07	0,8630%
	7,00	9,00E-06	-2,25	5,00E+00	4,32E-06	4,3151%

eis: 0,5%

lage drukleidingen:
gem. Europa: $0,5 \cdot 10^{-4} / \text{m} \cdot \text{jr}$
gem. USA: $2,5 \cdot 10^{-4} / \text{m} \cdot \text{jr}$

BESTAANDE LEIDINGKRUISINGEN

Berekening additionele faalkans hoofdwaterring als gevolg van falen kunststofleiding

(voor gietijzeren leidingen zijn geen gegevens bekend; hiervoor worden dezelfde faalkansen ingeschat als voor kunststof leidingen)

Faalkansen:

5,00E-03

[per jaar per kruising]

(PE)

1,50E-03

[per jaar per kruising]

geldt voor lekkage door vloeistof of gas

geldt voor explosie gasleiding

factor 3,3.

N.B.: bij hogedrukleiding:
5: bestaande leiding
4: nieuwe "

de faalkansen zijn empirisch (uit ongevallenregistratie) en representatief voor veldstrekingen

$$PE: 10^{-4} \cdot 50 = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$PVC: 2 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 10 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{grijs gietijzer: } 5 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 25 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{modulair " : } 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

Waterstanden: overschr.freq.Toetspeil:

1,00E-04 [-] = norm volgens Wow

decimeringshoogte:

0,50 [m]

onzekerheidsfactor:

5,00 [-] = kansfactor (is verdisconteerd in Padd;hwk)

Padd;hwk = additionele faalkans hoofdwaterring = kans op erosiekrater in 50 m lengte van de kruising
herstelduur 7,00 [dagen] = 7/365 p.j. = tijdsduur Hw-belasting

lekkage kruising kunststof of gietijzeren leiding						
	erosiekrater	Pf;lekkage	Hkritiek = o.k leiding	P{Hw>Hkritiek}	Padd;hwk	aanwezige faalruimtefactor
	[m]	[1/j]	[m t.o.v. Toetspeil]	[1/j]	[1/j]	[t.o.v. norm]
	7,00	5,00E-03	0,50	1,00E-05	4,79E-09	0,0048%
	7,00	5,00E-03	0,25	2,00E-05	9,59E-09	0,0096%
	7,00	5,00E-03	0,00	1,00E-04	4,79E-08	0,0479%
	7,00	5,00E-03	-0,25	5,00E-04	2,40E-07	0,2397%
*	7,00	5,00E-03	-0,50	1,00E-03	4,79E-07	0,4795%
	7,00	5,00E-03	-0,75	5,00E-03	2,40E-06	2,3973%
	7,00	5,00E-03	-1,00	1,00E-02	4,79E-06	4,7945%
	7,00	5,00E-03	-1,25	5,00E-02	2,40E-05	23,9726%
	7,00	5,00E-03	-1,50	1,00E-01	4,79E-05	47,9452%
	7,00	5,00E-03	-1,75	5,00E-01	2,40E-04	239,7260%
	7,00	5,00E-03	-2,00	1,00E+00	4,79E-04	479,4521%
	7,00	5,00E-03	-2,25	5,00E+00	2,40E-03	2397,2603%

eis: 0,5%

BESTAANDE LEIDINGKRUISINGEN

Berekening additionele faalkans hoofdwaterring als gevolg van falen betonleiding (gew. beton zonder plaatstalen kern).
 Faalkans: 5,00E-04 [per jaar per kruising] geldt voor lekkage door vloeistof $10^{-5} \cdot 50 = 5 \cdot 10^{-4}$
 (geschat)

de faalkansen zijn empirisch (uit ongevallenregistratie) en representatief voor veldstrekkingen

Waterstanden: overschr.freq.Toetspeil: 1,00E-04 [-] = norm volgens Wow
 decimeringshoogte: 0,50 [m]
 onzekerheidsfactor: 5,00 [-] = kansfactor (is verdisconteerd in Padd;hwk)

Padd;hwk = additionele faalkans hoofdwaterring = kans op erosiekrater in 50 m lengte van de kruising
 herstelduur 7,00 [dagen] = 7/365 p.j. = tijdsduur Hw-belasting

lekkage kruising betonleiding						
	erosiekrater	Pf;lekkage	Hkritiek = o.k leiding	P{Hw>Hkritiek}	Padd;hwk	aanwezige faalruimtefactor
	[m]	[1/j]	[m t.o.v. Toetspeil]	[1/j]	[1/j]	[t.o.v. norm]
	7,00	5,00E-04	0,50	1,00E-05	4,79E-10	0,0005%
	7,00	5,00E-04	0,25	2,00E-05	9,59E-10	0,0010%
	7,00	5,00E-04	0,00	1,00E-04	4,79E-09	0,0048%
	7,00	5,00E-04	-0,25	5,00E-04	2,40E-08	0,0240%
	7,00	5,00E-04	-0,50	1,00E-03	4,79E-08	0,0479%
	7,00	5,00E-04	-0,75	5,00E-03	2,40E-07	0,2397%
*	7,00	5,00E-04	-1,00	1,00E-02	4,79E-07	0,4795%
	7,00	5,00E-04	-1,25	5,00E-02	2,40E-06	2,3973%
	7,00	5,00E-04	-1,50	1,00E-01	4,79E-06	4,7945%
	7,00	5,00E-04	-1,75	5,00E-01	2,40E-05	23,9726%
	7,00	5,00E-04	-2,00	1,00E+00	4,79E-05	47,9452%
	7,00	5,00E-04	-2,25	5,00E+00	2,40E-04	239,7260%

eis: 0,5%

bijlage 4 bepaling afmetingen ontgrondingskuilen

1 Vloeistofleidingen

Voor de bepaling van de afmetingen ontgrondingskuilen, die behoren bij de begrenzingen voor de toe te passen berekeningsmethode, is gebruik gemaakt van NEN 3650 t/m NEN 3652. De op basis hiervan berekende (horizontale) dimensies van de ontgrondingskuilen zijn samengevat in de volgende tabel.

stalen vloeistofleiding					
sterkte-berekening	factor $H^3 \times D_i^5$	ontgrondingsstraal		ontgrondingskuil	
		R_B 1)	R_L 2)	breedte 1)	lengte 2)
geen	≤ 1	≤ 2 m	≤ 1 m	≤ 4 m	≤ 2 m
vereenvoudigd	< 40	< 3 m	< 3 m	< 6 m	< 6 m

1) loodrecht op de leiding

2) in lengterichting van de leiding

Hierbij is de ontgrondingsstraal R_L in lengterichting van de leiding afhankelijk gesteld van de grootte van het lek t.o.v. de leidingdiameter (d/D) en de mogelijkheid van volledige afschuiving van de leiding. Zonder volledige afschuiving (zoals voor leidingen van staal, beton met doorgelaste kern en GVK met laminaat of lijmverbinding) geldt voor een klein gat $R_L = \frac{1}{2}R_B$ en voor een groot gat $R_L = R_B$, terwijl met volledige afschuiving $R_L = 2R_B$ geldt. Voor $D_i = 125$ mm is een klein gat aannemelijk, zodat voor $H^3 \times D_i^5 = 1$ is uitgegaan van $R_L = \square R_B$.

De diepte van de ontgrondingskuil reikt niet verder dan o.k. leiding.

Op de grafiek van bijlage 4a is het verschil weergegeven tussen de R_B -waarden volgens de huidige methode voor stalen leidingen (begrenzing bij $D_i = 500$ mm) en de voorgestelde methode voor niet-stalen leidingen. Hieruit blijkt dat voor stalen leidingen < 10 bar (≈ 1 N/mm²) een halve erosiekrater van ruim 7 m breed (dus een totale ontgrondingskuil van 14 m bij 14 m) wordt toegestaan. Voor niet-stalen vloeistofleidingen is dat 3 m (geeft ontgrondingskuil van 3 m breed en 6 m lang). Hieruit blijkt dus een duidelijk verschil tussen stalen en niet-stalen lagedrukleidingen ten aanzien van de toelaatbare ontgrondingskuil. Hierbij moet wel worden bedacht dat de faalkansen van stalen leidingen een factor 10 tot 100 kleiner is dan voor niet-stalen leidingen (zie ook bijlage 3).

2 Gasleidingen

Voor gasleidingen > 125 mm wordt de grens tussen vereenvoudigd en uitgebreid rekenen, conform de NEN-normen, gelegd bij $\chi = 600$. De bijbehorende ontgrondingsstraal is $G_B = 2$ m en $G_L = \chi$ m. De ontgrondingskuil als gevolg van lekkage of breuk is dan χ m breed en χ m lang. De diepte van de ontgrondingskuil reikt niet verder dan o.k. leiding.

Bij explosie van gasleidingen zijn de gevolgen anders dan bij lekkage of breuk. In dat geval kan er tevens een plastische zone ontstaan, die verder reikt dan de explosiekrater. Op bijlage 4b is dit inzichtelijk gemaakt voor een leiding met $D_i = 500$ mm en een gronddekking van $h = 2,00$ m. Hieruit blijkt b.v. bij een 8-bar leiding een ontgrondingsstraal van ruim 2 m en een plastische straal van ruim 4 m. Opgemerkt wordt dat de plastische straal ook onder de leiding in rekening dient te worden gebracht.

In zandgrond kan boven dien liquefactie optreden. De afmetingen van de verwekingszone liggen in dezelfde orde van grootte als die van de ontgraving door erosie.

behoeven
riolen
bv. $\{ D = 1 \text{ m}$
 $\{ H = 1 \text{ m}$
of: $\{ D = 0,25 \text{ m}$
 $\{ H = 10 \text{ m}$
niet berekend
te worden?

Transport
 $\times$

fysische

1 m

Φ

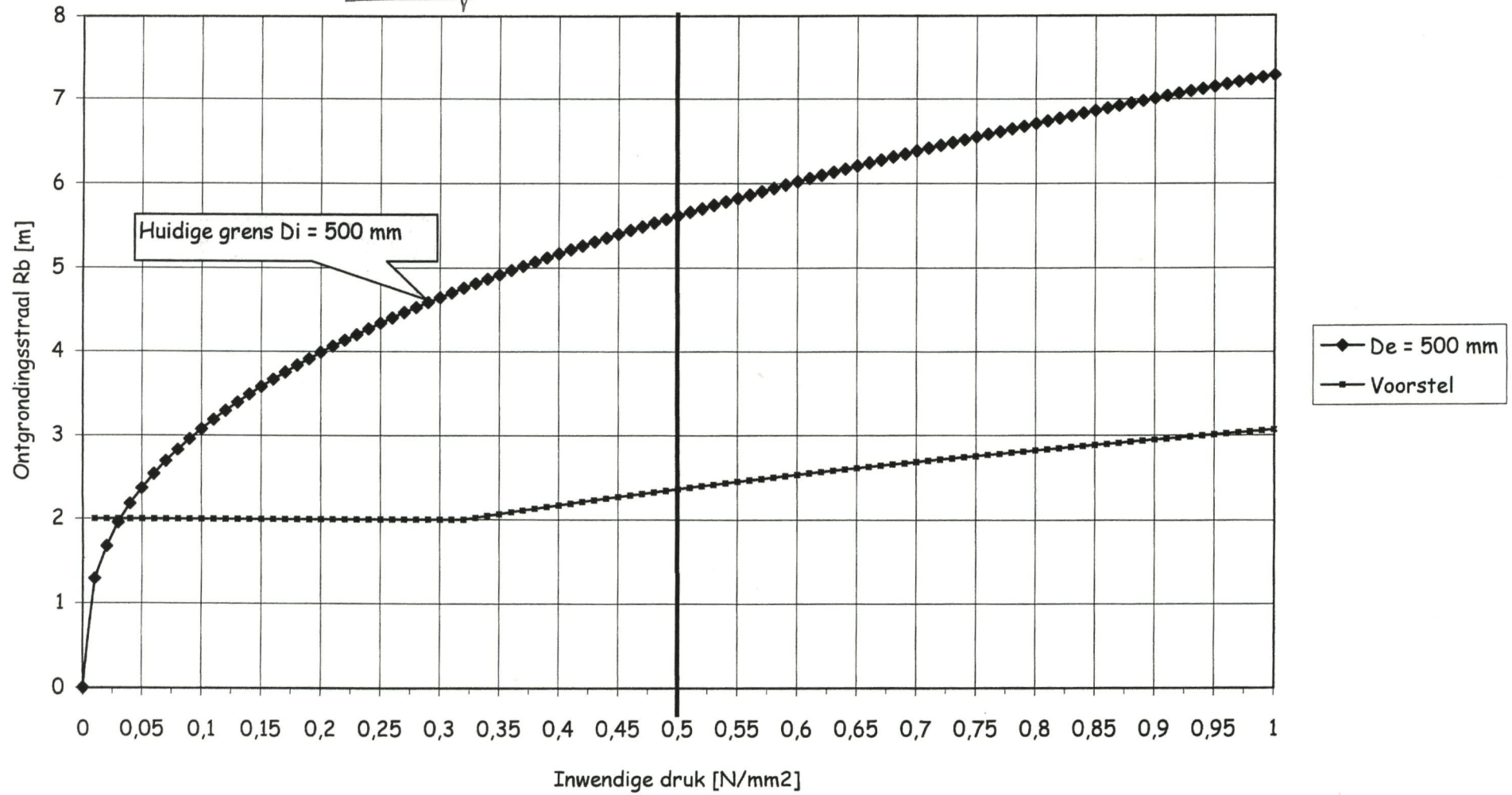
afmetingen zijn

1

2

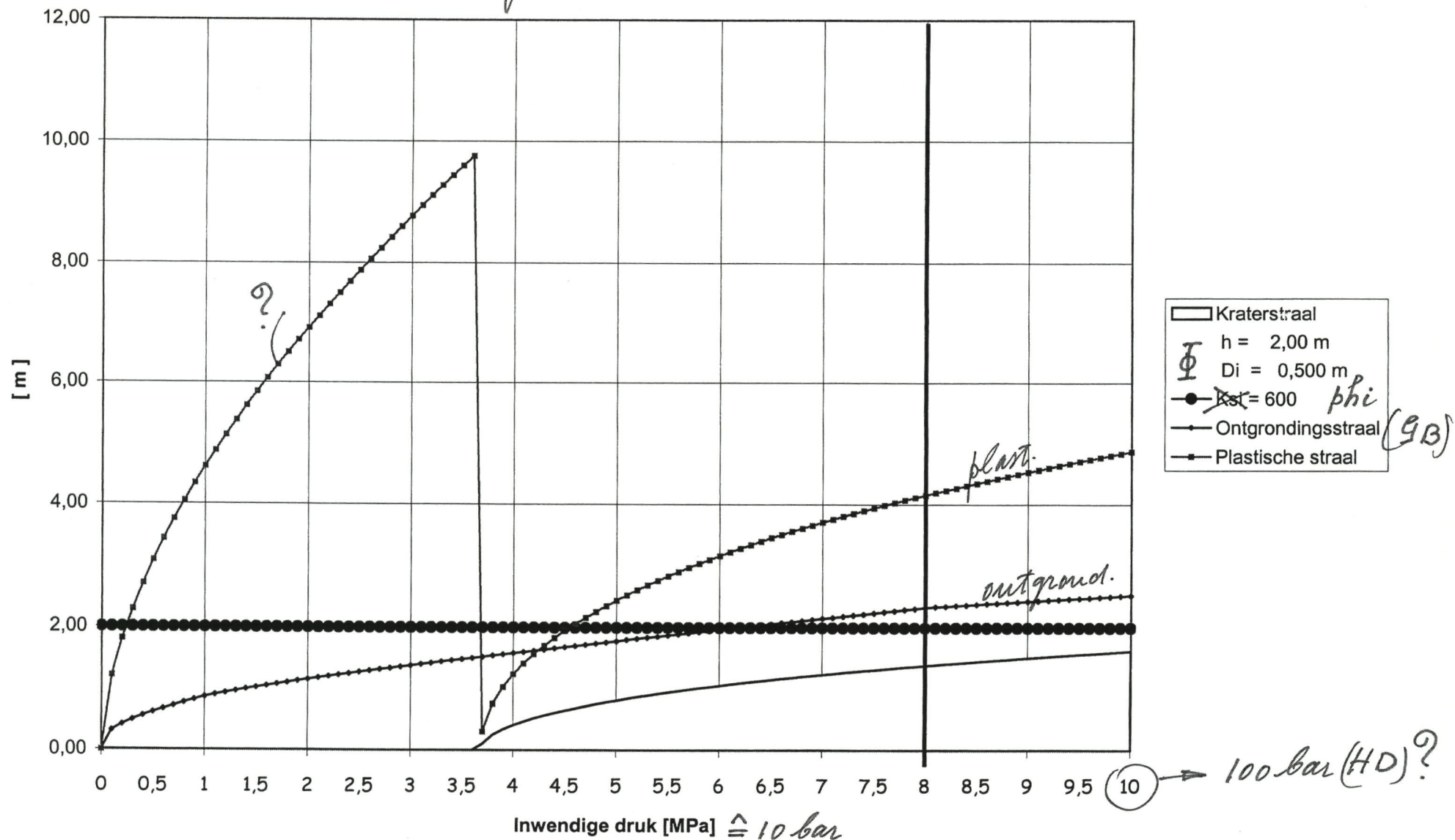
Halve breedte erosiekrater Rb

Vlocistof.



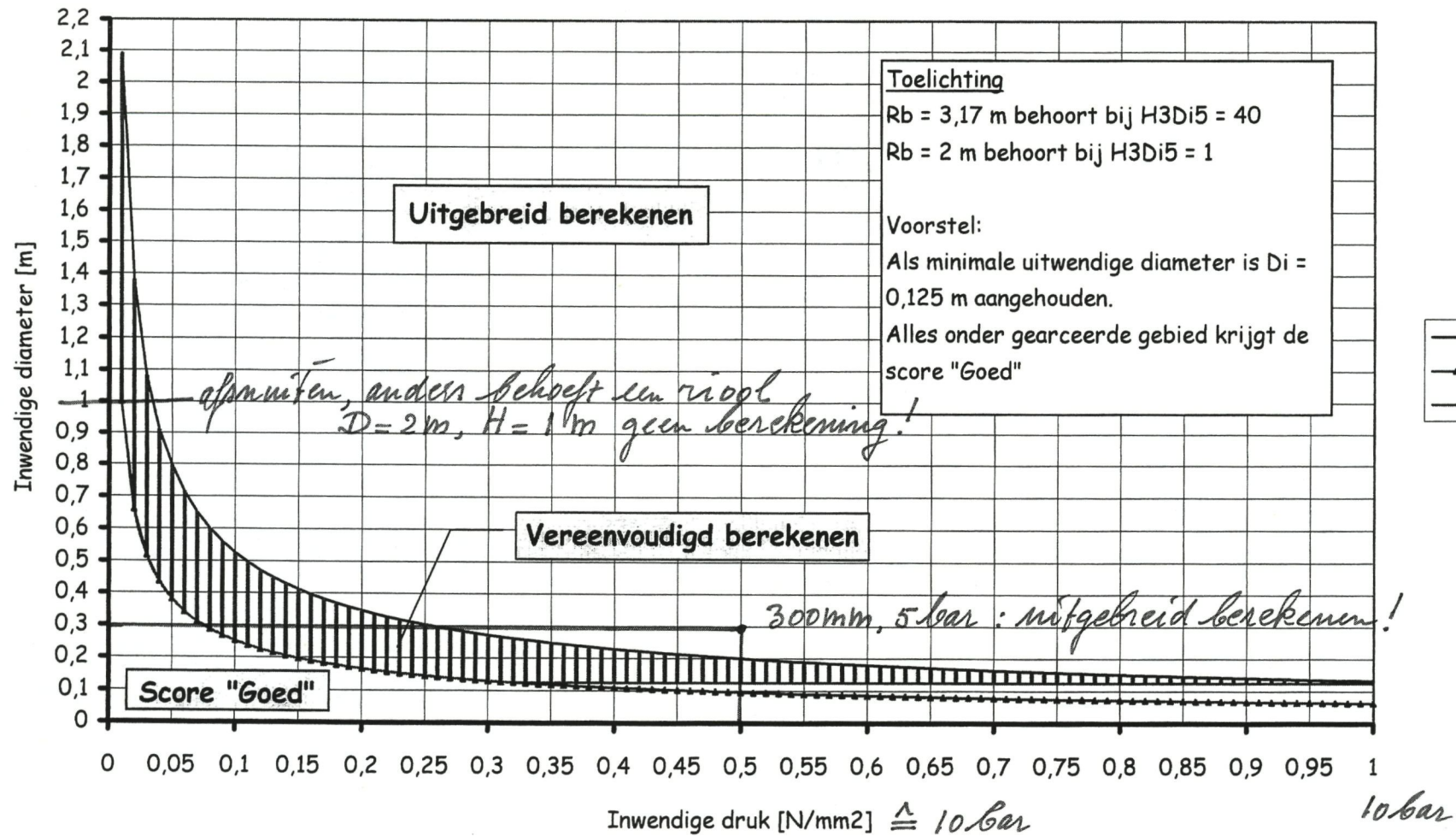
bijlage 4a

gas.



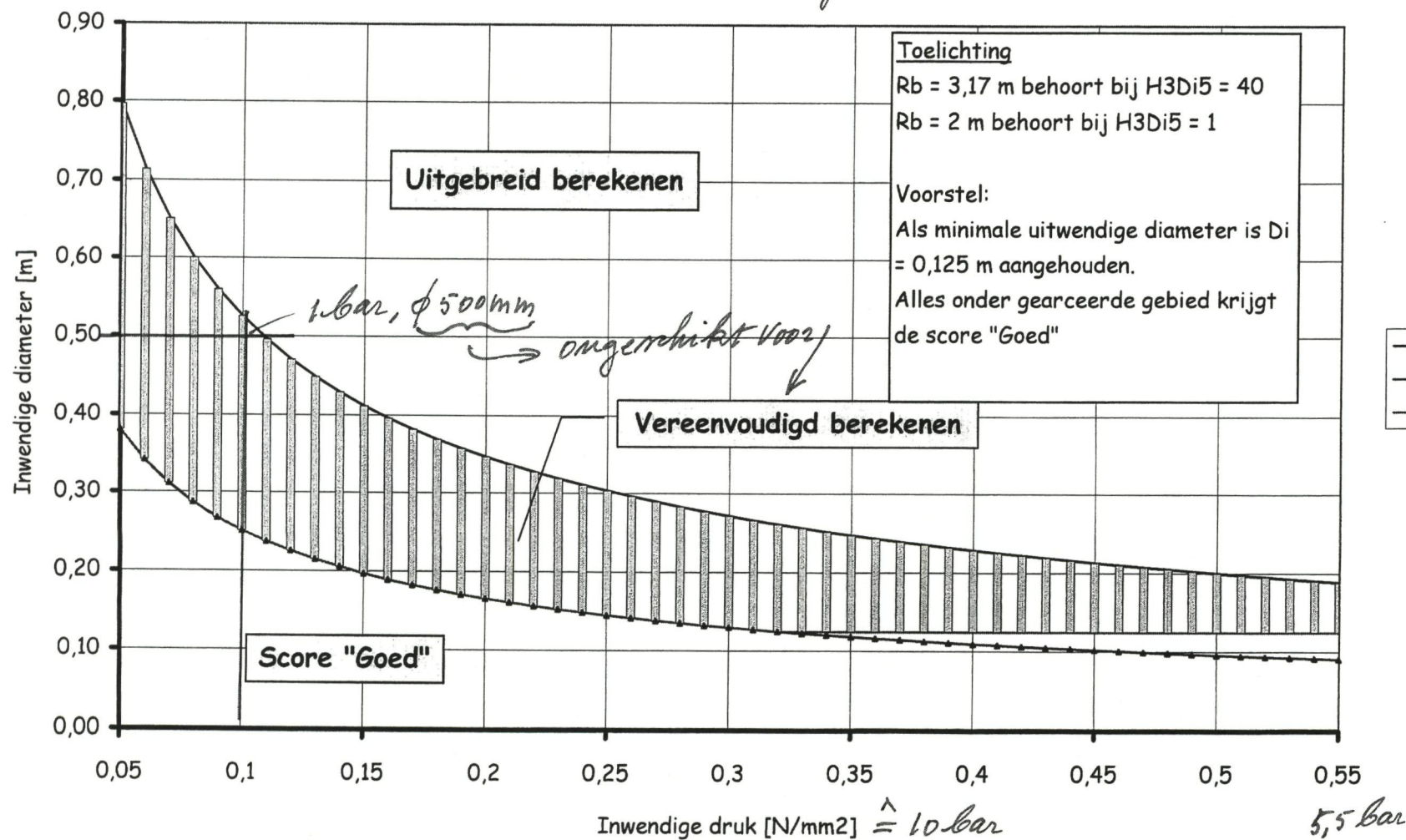
bijlage 4b

Voorstel vloeistofleidingen

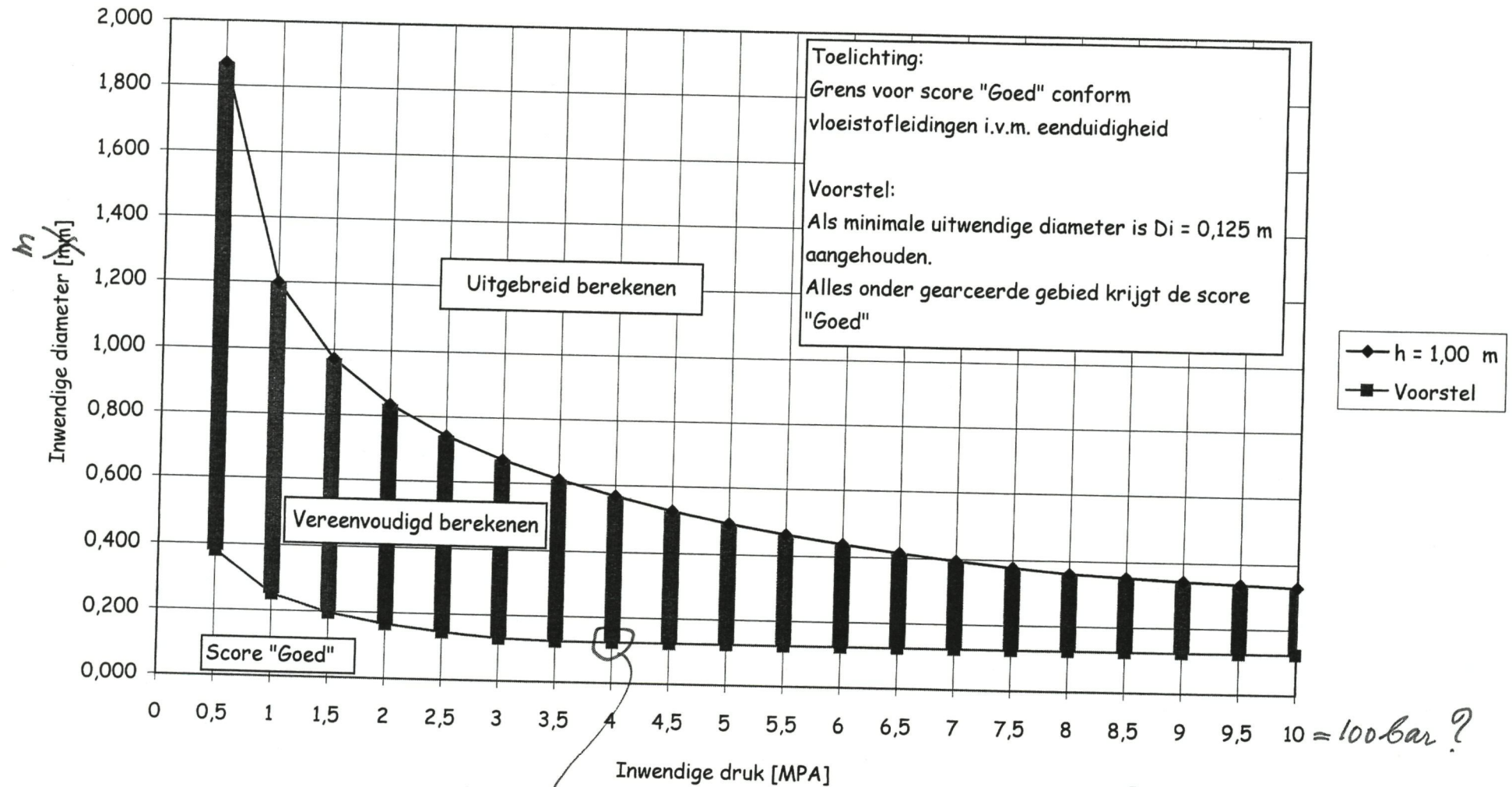


Vloeistof leidingen

(vergroete schaal)



Voorstel gasleidingen



bijlage 5c

40 bar / $D = 100$ mm : score "goed"?

Voorstel (concept) aanpassing toets pijpleidingen LTV-2002

Gaarne uw reactie uiterlijk voor 29 januari 2002 zenden aan:

Harry Schelfhout

tel: 070 - 4417678

fax: 070 - 4417831

e-mail: schelfhout-h@pzh.nl