1977(?)

N O T A :

GLOBALE ANALYSE VAN DE OVERSTROMINGSKANS VOOR DE GROOT-ALBLASSERWAARD IN VERBAND MET DE OPSLAGTANKS OP HET HARTOLTERREIN TE GROOT-AMMERS.

I. Definities:

dysfunctiekans van de hoofdwaterkering:

dit is de kans op zodanige aantasting van de hoofdwaterkering, dat deze zijn functie niet langer kan vervullen.

overstromings- of inundatiekans:

dit is de kans dat dysfunctie van de hoofdwaterkering samenvalt met een zodanig hoge waterstand, dat inundatie optreedt.

Bij afwezigheid van hoog voorland of een vervangende waterkering is de inundatiekans gelijk te stellen aan de dysfunctiekans.

II. Dysfunctiekans van de hoofdwaterkering.

Deze kan worden opgebouwd uit de volgende deelkansen:

a. Wateroverslag bij stormvloed;
b. Stabiliteisverlies van het dijklichaam.
c. Het bezwijken van een hogedrukleiding.*
d. Explosie van een opslagtank voor gevaarlijke stoffen.
e. Overige oorzaken. (niet te quantificeren)

De kans sub b wordt deductief (uit de stabiliteitsberekening)bepaald, de overige deelkansen inductief (uit waarnemingen).

* Ook het bezwijken van een grote lagedrukleiding kan dysfunctie veroorzaken. Bij de kruisende D.W.L.leiding (Ø 170 cm) zijn echter afdoende maatregelen getroffen (damwanden).

ad.a. Het ontwerppeil voor het in het deltagebied gelegen deel van de Groot-Alblasserwaard is officieel vastgesteld op een waterstand met een overschrijdingsfrequentie van $2{,}5.10^{-4}$ per jaar.
"Dysfunctiekans hoofdwaterkering" is in dit geval gelijk aan "inundatiekans".

ad.b. Hierbij is gebruik gemaakt van het nog niet gepubliceerde deelrapport B van de "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen".

De huidige praktijk bij het ontwerpen van hoofdwaterkeringen impliceert, dat aan de buitenzijde een veiligheidsfactor van 1,2 en aan de binnenzijde een factor 1,4 wordt toegepast.

Bij de veiligheidsfactor $n_k = 1{,}2$ behoort een kans op stabiliteitsverlies voor het gedeelte waterkering Ameide-Gorinchem (ca.80 km hoofdwaterkering) van $\frac{8}{3} \times 5 \times 10^{-4} = 1{,}3.10^{-3}$ p.jr.

Bij de veiligheidsfactor $n_k = 1{,}4$ behoort een kans op stabiliteitsverlies van hetzelfde gedeelte hoofdwaterkering van $3{,}2.10^{-5}$ p.jr.
Daar stabiliteitsverlies kan optreden tengevolge van allerlei invloeden van meteorologische- en anthropogene aard, die zich zowel aan de binnen- als aan de buitenzijde van de waterkering kunnen manifesteren, dient de ongunstigste kans op stabiliteitsverlies te worden aangehouden. Dus bij $n_k = 1{,}2$.
Uitgegaan wordt dus van de kans $1{,}3.10^{-3}$ p.jr.

Opgemerkt wordt nog dat de kans op stabiliteitsverlies (dysfunctiekans hoofdwaterkering) nog niet hetzelfde behoeft te zijn als inundatiekans. Hierbij dient namelijk nog in de beschouwing te worden betrokken eventueel aanwezig hoog voorland, voorliggende- of direct achter de waterkering liggende dijken of kaden.

ad.c. Hierbij is gebruik gemaakt van het nog niet gepubliceerde hoofdrapport van de "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen".

De kans op dysfunctie van een hoofdwaterkering als gevolg van een leidingbreuk (hogedrukleiding) is voor "nieuwe" olieleidingen (d.w.z. gelegd na 1965) te stellen op $0{,}2.10^{-5}$ p.jr.

Voor "bestaande" olieleidingen (d.w.z.gelegd vóór 1965) is deze kans te stellen op $0{,}5.10^{-5}$ p.jr.

Voor bestaande en nieuwe gasleidingen is deze kans $1{,}2.10^{-5}$ p.jr. resp. $1{,}1.10^{-5}$ p.jr.
Er is nagegaan dat in het beschouwde gedeelte hoofdwaterkering 5 gasleidingen (waarvan 2 bestaande leidingen) en de 2 olieleidingen (bestaand) voorkomen.
De hieruit voortvloeiende dysfunctie-kans wordt dan $(2x1{,}2.10^{-5}) + (3.1{,}1.10^{-5}) + (2.0{,}5.10^{-5}) \lesssim 0{,}7.10^{-4}$ p.jr.
Stel verder, dat er in de toekomst nog twee olieleidingen en 2 gasleidingen worden gelegd (hogedruk). De hieruit voortvloeiende dysfunctiekans kan worden gesteld op $(2x0,\ 2.10^{-5}) + (2x1{,}1.10^{-5}) \lesssim 3.10^{-5}$ of $0{,}3.10^{-4}$ p.jr.
De totale dysfunctiekans uit aanwezige en te leggen leidingen wordt nu $(0{,}3+0{,}7)10^{-4} = \underline{10^{-4}}$ p.jr.
Voor het bepalen van de inundatiekans dient ook eventueel hoog voorland e.d. in de beschouwing te worden betrokken.

ad.d. De kans op een groot incident met een tank voor de opslag van gevaarlijke stoffen is te stellen op $0{,}33.10^{-3}$ p.jr.(zie artikel van G.Snellink, Risico-analyse van een mercaptaanproductie-eenheid).
Deze kans wordt gelijkgesteld aan de explosiekans. Het gevaar van deze tanks is namelijk dat zij kunnen exploderen. Als gevolg hiervan ontstaat verlies van draagkracht van de ondergrond (bodemverweking) en ontstaan wateroverspanningen, waardoor afschuivingen kunnen worden ingeleid.

De verhoging van de sub b behandelde kans op stabiliteitsverlies van de waterkering, die het gevolg is van deze explosie-kans kan worden berekend als is aangegeven in deelrapport B van de "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen. (nog niet gepubliceerd)
Thans bevinden zich op het terrein van Hartol 7 grote opslagtanks en er is een uitbreiding gepland op het bestaande terrein in oostelijke richting van 3 tanks (gesteld).
De explosiekans kan dan worden berekend op $10 \times 0{,}33.10^{-3} = 3{,}3.10^{-3}$ p.jr. Voor het bepalen van de inundatiekans uit de verhoogde dysfunctiekans moet eveneens eventueel aanwezig hoog voorland e.d. worden meegerekend.

III. Bepaling van het referentie-niveau bij de beoordeling van dysfunctie-kansen van een hoofdwaterkering.

De onder II a en b genoemde dysfunctie-kansen zijn "van nature" aanwezig. Dat wil zeggen, dat zij voortvloeien uit de ontwerpnormen,die aan de in het kader van de Deltawerken te maken hoofdwaterkeringen worden gesteld. Daar hierbij met name de kans op wateroverslag van $2{,}5.10^{-4}$ p.jr. een maatschappelijk aanvaarde norm is

-en-

en de kans op stabiliteitsverlies van de waterkering voortvloeit uit de overige gestelde criteria, kan men zeggen dat de uit de constructie zelve voortvloeiende kans op dysfunctie van een hoofdwaterkering zijnde $2{,}5.10^{-4} + 1{,}3.10^{-3} = \underline{1{,}55.10^{-3}\ \text{p.jr.}}$ maatschappelijk aanvaard is.

N.B. Als gevolg van het ontbreken van vervangende waterkeringen en hoog voorland van betekenis zijn alle dysfunctie-kansen tevens inundatie-kansen.

IV. Toelaatbare additionele dysfunctie-kans (=toelaatbare additionele inundatie-kans, daar er geen vervangende waterkeringen en nauwelijks hoog voorland aanwezig is).*

a. Bij de bepaling van wat voor de Groot-Alblasserwaard nog aanvaardbaar is, wordt uitgegaan van de maatschappelijk aanvaarde basis-kans op dysfunctie van $1{,}55.10^{-3}$ p.jr.
Gesteld moet worden dat in vergelijking met deze basis-kans, de toegevoegde kans relatief klein moet zijn.
Gedacht zou kunnen worden aan ca.10% van de basis-kans*; de aanvaardbare additionele dysfunctie-kans wordt dan $\underline{1{,}55.10^{-4}\ \text{p.jr.}}$

b. Van de boven de basis-kans nog aanvaardbare toegevoegde dysfunctie-kans wordt 10^{-4} p.jr. reeds gebruikt voor de aanwezige en nog te leggen hogedrukleidingen. Er resteert dus nog $(1{,}55-1)10^{-4} = 0{,}55.10^{-4}$ p.jr. voor opslagtanks en overige oorzaken.
Stel dat voor de bestaande- en geplande opslagtanks resteert $\underline{0{,}5.10^{-4}\ \text{p.jr.}}$

* Uitgaande van een voor alle inundatie-oorzaken gelijke grootte van de inundatie-schade (doorgaans wordt de hoogte van het geïnvesteerd vermogen aangehouden) en gegeven de definitie: risico = kans x effect, kan de additionele inundatie-kans in % gelijk worden gesteld aan het additioneel risico.

V. Beschouwing Hartol-terrein.

Onderscheiden worden verschillende mogelijkheden, te weten:

a. Ligging nieuwe hoofdwaterkering direct langs Hartol-terrein.
b. Ligging nieuwe hoofdwaterkering ongeveer op de plaats van het oorspronkelijk principe-plan.
c. Bestaande hoofdwaterkering verhogen.

ad.a. Uit de berekening van de verschillende verwekingszônes (zie desbetreffende nota) blijkt, dat op 40 m uit hart opslagtanks nog 100% grondverweking optreedt.
Bij deze ligging van de waterkering kan dus worden geconcludeerd, dat bij een explosie zeker stabiliteitsverlies zal optreden. De kans op stabiliteitsverlies ter plaatse wordt dan ook $3{,}3.10^{-3}$ p.jr. Dit is hoger dan de voorgestelde toelaatbare additionele dysfunctie-kans. In dit geval zal de additionele dysfunctie-kans op andere wijze tot het aanvaardbare niveau teruggebracht moeten worden.
Dit kan bijvoorbeeld door de eis te stellen, dat de huidige hoofdwaterkering op de bestaande hoogte wordt gehandhaafd. Als gevolg daarvan is de dysfunctie-kans niet langer tevens inundatie-kans en wordt namelijk de toegevoegde kans op inundatie gelijk aan de coïncidentie-kans van een explosie met een waterstand, die door de huidige waterkering niet kan worden gekeerd.
Deze waterstand is ter plaatse ca. het peil met een overschrijdingsfrequentie van $1{,}5.10^{-2}$ p.jr.
De toegevoegde iundatie-kans wordt dan :
$1{,}5.10^{-2} \times 3{,}3.10^{-3} = 5.10^{-5}$ ofwel $0{,}5.10^{-4}$ p.jr.
Dit stemt juist overeen met de toelaatbare (rest) waarde. (zie sub IV-b)

ad.b. Uit het voorgaande volgt dat ook deze waterkering zonder meer gemaakt kan worden, indien de eis gesteld wordt, dat de huidige kering gehandhaafd blijft op de bestaande hoogte.

Een andere mogelijkheid is om deze eis niet te stellen, maar de veiligheidsfactor tegen stabiliteitsverlies van de nieuwe waterkering zodanig te verhogen, dat bij grondverweking toch een stabiele waterkering overblijft.

De additionele dysfunctie-kans wordt gevonden uit het product van de kans op de explosie (per jaar) en de kansverhoging op stabiliteitsverlies (p) als gevolg van een dergelijke explosie (niet tijdsafhankelijk). Dus $3{,}3.10^{-3}/j.\bar{p} = 0{,}5.10^{-4}$ p.jr. $\bar{p} = \frac{0{,}5.10^{-4}}{3{,}3.10^{-3}} = 0{,}15.10^{-1}$ of $\underline{1{,}5.10^{-2}}$. $\bar{p}$ is nu de toelaatbare verhoging van de (basis)kans op stabiliteitsverlies, dit als gevolg van gedeeltelijke bodemverweking. De tottale kans op stabiliteitsverlies mag dan worden (zie ook deel-rapport B van de nog niet gepubliceerde "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen".):

$150.10^{-4} + 5.10^{-4} = 155.10^{-4}$ of $1{,}55.10^{-2}$.

Dit betekent dat $\frac{S_m - B_m}{s} = 2{,}1$.

Iteratief wordt nu gevonden, dat in dit geval n_k' ca. 0,94 mag worden. (zie bijlage)

Controle $n'_m = \frac{0{,}94}{0{,}66} = 1{,}42$ en $S_m - B_m = 0{,}42\ M_a$.

$$s = \sqrt{(0{,}05.M_a)^2 + (0{,}135.1{,}42\ M_a)^2} = 0{,}2\ M_a.$$

$\frac{S_m - B_m}{s} = 2{,}1$ $\qquad p = 1{,}55.10^{-2}$.

Gesteld kan worden dat n'_k minimaal 1 moet zijn daar deze toestand als grenstoestand is op te vatten.

-Hieruit-

Hieruit kan de bij de aanleg benodigde veiligheidsfactor worden bepaald door aan te nemen, dat voor de realisering van de verhoogde veiligheidsfactor een buitentalud-helling nodig is van 1 : 4 à 1 : 5 (i.p.v. 1 : 3 normaliter).

Uitgaande van 1 : 4 blijkt, dat bij de dan aanwezige afstand van 68 m teentalud uit het hart van de tanks, de bodemverweking over de 4H-zône gemiddeld 55% is.
4H = 4.6 = 24 m. H = dijkhoogte.
De benodigde veiligheidsfactor volgt uit

$(1-0,55)\ n_k^{II} = 1 \qquad n_k^{II} = 2,2$ (i.p.v.1,2 normaliter)

Uitgaande van 1 : 5 blijkt, dat bij de dan aanwezige afstand van 62 m teentalud uit het hart van de tanks, de bodemverweking van de 4H-zône gemiddeld 65% is.
Daar een klein gedeelte van het 4H-traject (2m) in de zône met 100% draakrachtverlies ligt, volgt de benodigde veiligheidsfactor uit

$$\frac{24-2}{24}\ (1-0,65)\ n_k^{III} = 1 \qquad n_k^{III} = \frac{1}{0,35} \cdot \frac{24}{22} = 3,1$$

(i.p.v. 1,2 normaliter)

Het lijkt dat $n_k^{II} = 2,2$ bij een talud 1 : 4 meer haalbaar is dan $n_k^{III} = 3,1$ bij een talud 1 : 5.
Alleen een grondmechanisch onderzoek zal hier uitsluitsel kunnen geven.

ad.c. Uit de berekening van de verwekingszônes is gebleken, dat de huidige waterkering bij de bestaande plaats van de tanks (afstand 135-145 m) onveranderd stabiel blijft bij een explosie.
Er zou dus ook gekozen kunnen worden voor verhoging van de bestaande waterkering.
Hierbij moet dan wel de eis worden gesteld, dat het areaal met opslagtanks niet wordt uitgebreid in zuidelijke richting. Deze restrictie geldt overigens ook voor de gevallen a en b.

VI. Conclusie.

a. Uitbreiding van het Hartol-tankpark in zuidelijke richting kan uit veiligheidsoverwegingen met betrekking tot de waterkering niet worden toegestaan; wél in oostelijke richting en op het bestaande terrein.

b. Uitgaande van een arbitrair gekozen toelaatbare additionele dysfunctie (=inundatie)-kans van 10% v.d. basis-dysfunctie(= inundatie)-kans kan de nieuwe hoofdwaterkering worden gemaakt langs het bestaande Hartolterrein, mits de voorwaarde wordt gesteld, dat de huidige hoofdwaterkering achter dit nieuwe dijkgedeelte in stand blijft. Het toelaatbaar additioneel risico is dan ook op 10% te stellen.

c. Ligging van de te maken hoofdwaterkering op de plaats van het oorspronkelijk principeplan wordt mogelijk geacht, mits de eis wordt gesteld, dat de huidige hoofdwaterkering gehandhaafd wordt. Deze eis kan vervallen, mits de veiligheidsfactor tegen stabiliteitsverlies van het buitentalud wordt gebracht op $n_k = 2{,}2$ en voor het bereiken hiervan geen flauwere helling nodig is dan 1 : 4.

d. De bestaande waterkering kan worden verhoogd, mits het Hartol-tankpark niet in zuidelijke richting wordt uitgebreid.

Berekening v.d.kans op stabiliteitsverlies bij verschillende veiligheidsfactoren.

a.	$n_m = 1,1$	$n_k = 0,66 \times 1,1 = 0,73$	$s_{S-B} = 0,16\ M_a$	$p = 2,5.10^{-1}$
b.	$n_m = 1,2$	$n_k = 0,79$	$s_{S-B} = 0,17\ M_a$	$p = 1,2.10^{-1}$
c.	$n_m = 1,3$	$n_k = 0,86$	$s_{S-B} = 0,18\ M_a$	$p = 5.10^{-2}$
d.	$n_m = 1,4$	$n_k = 0,92$	$s_{S-B} = 0,195\ M_a$	$p = 2.10^{-2}$
e.	$n_m = 1,5$	$n_k = 0,99$	$s_{S-B} = 0,21\ M_a$	$p = 9.10^{-3}$
f.	$n_m = 1,6$	$n_k = 1,06$	$s_{S-B} = 0,22\ M_a$	$p = 3.10^{-3}$
g.	$n_m = 1,7$	$n_k = 1,12$	$s_{S-B} = 0,235\ M_a$	$p = 1,3.10^{-3}$
h.	$n_m = 1,8$	$n_k = 1,19$	$s_{S-B} = 0,25\ M_a$	$p = 5.10^{-4}$
j.	$n_m = 1,9$	$n_k = 1,25$	$s_{S-B} = 0,26\ M_a$	$p = 2.10^{-4}$
k.	$n_m = 2$	$n_k = 1,32$	$s_{S-B} = 0,275\ M_a$	$p = 1,2.10^{-4}$
l.	$n_m = 2,1$	$n_k = 1,39$	$s_{S-B} = 0,29\ M_a$	$p = 6.10^{-5}$
m.	$n_m = 2,2$	$n_k = 1,45$	$s_{S-B} = 0,30\ M_a$	$p = 3.10^{-5}$
n.	$n_m = 2,3$	$n_k = 1,52$	$s_{S-B} = 0,31\ M_a$	$p = 1,2.10^{-5}$