AIC 975

Richtlijnen met betrekking tot de gecontroleerde ondichtheid van en de beveiliging tegen te grote drukverschillen in koude ruimten

1572

AIC

Opgesteld door een vanwege het bestuur van de Stichting Ontwikkeling Koeltechniek speciaal daartoe ingestelde werkgroep, onder voorzitterschap van ir T. van Hiele.

Summary

Code for the controlled non-tightness of the walls, and the protection against excessive pressure differences in cold stores

A code providing directives in behalf of the design and the construction of cold stores. Values are given for the highest admissible pressure difference, the highest admissible measure of non-tightness and for the required pressure equalizing opening, depending on nature and size of the cold room.

1 Doeleteilingen

Ruimten waarin men lage temperaturen wil onderhouden, moeten in het algemeen voldoen aan de volgende voorwaarden:

- de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de lucht in de ruimte moeten binnen bepaalde, somtijds nauwe grenzen constant gehouden kunnen worden;
- de verlaging van de temperatuur in de ruimte van omgevings- tot de vereiste bewaartemperatuur moet in een betrekkelijk kort tijdsbestek mogelijk zijn;
- het voor de conditionering van het klimaat in de ruimte benodigde energieverbruik mag niet groter zijn dan redelijkerwijs noodzakelijk.

In bijzondere gevallen kunnen nog extra eisen worden gesteld aan de verhouding van de zuurstof- en kooldioxydeconcentratie in de lucht, zoals dit bij CA-bewaring het geval is.

De vorengenoemde uitgangspunten maken het wenselijk dat een ruimte waarin een lage temperatuur moet worden bereikt en onderhouden, voldoet aan nader te omschrijven eisen van luchtdichtheid. Deze zijn echter aan grenzen gebonden, zoals de ervaring heeft geleerd. Want alhoewel het in de praktijk zeer wel mogelijk blijkt een hoge mate van luchtdichtheid te realiseren, is het nochtans noodzakelijk een zekere mate van 'lek' in te bouwen, teneinde risico's op te vangen die anders zouden kunnen optreden wanneer drukverschillen tussen binnen en buiten ontstaan.

In de hier vermelde richtlijnen worden getalwaarden gegeven voor de grootte van de lek die in de wanden van koude ruimten als hoogst toelaatbaar worden geoordeeld, alsmede voor de grootte van de in te bouwen veiligheidsopening ter voorkoming van te grote drukverschillen. De eerste zijn afhankelijk gesteld van de aard en de toepassing van de ruimte, de tweede van zijn volume, het drukverschilverloop in de tijd en het hoogst toelaatbare drukverschil.

Met deze richtlijnen wordt beoogd de bouwconstructie te vrijwaren van te grote krachten, bij nochtans een minimaal energieverbruik.

2 Hoogst toelaatbare lek in wanden, vloer en plafond

De lek in wanden, vloer en plafond van een koude ruimte wordt uitgedrukt in een selo-waarde (specifieke equivalente lekopening).

De selo is de verhouding tussen enerzijds de lekstroom die gemiddeld per vierkante meter wandoppervlak bij een bepaald drukverschil wordt gemeten [$cm^3/(s.m^2)$] (zie 3), anderzijds de (bekende) luchtstroom die bij hetzelfde drukverschil optreedt gemiddeld per vierkante millimeter doortocht van een gladde buis van 2 mm inwendige diameter en 200 mm lengte [cm^3 $(s.mm^2)$]. De selo wordt derhalve uitgedrukt in mm^2/m^2. Als hoogst toelaatbare selo-waarde wordt aanbevolen:

- voor vrieshuizen: 15 mm^2/m^2
- voor koelhuizen en gewone CA-cellen: 25 mm^2/m^2
- voor CA-cellen met kalkscrubber: 4 mm^2/m^2
- voor CA-cellen met actieve-koolscrubber: 1 mm^2/m^2

3 Luchtlekmetingen

a Inleiding

Wanneer een gekoelde ruimte onder garanties voor de luchtdichtheid wordt aangeschaft, moet bij de oplevering worden gecontroleerd of de lekkage inderdaad lager is dan de gegarandeerde maximale waarde. In principe zijn de volgende meetmethoden mogelijk:

- stationaire lekstroommeting met over- of onderdruk;
- niet-stationaire lekstroommeting met over- of onderdruk;
- stationaire tracergasmethode;
- niet-stationaire tracergasmethode.

Van deze methoden heeft de eerstgenoemde de voorkeur, want de tweede methode is alleen toepasbaar bij zeer dichte ruimten (bijvoorbeeld CA-ruimten voor fruitbewaring) en de laatste twee zijn vrij gecompliceerd en er is dure apparatuur bij nodig. De eerste methode kan bovendien zonder problemen bij in bedrijf zijnde ruimten worden herhaald zonder dat de belading hierbij verstorend kan werken. De toegepaste meetapparatuur is relatief goedkoop en de tijdsduur van de meting is kort.

De stationaire lekstroommeting wordt als volgt globaal omschreven.

b Omschrijving van de meetmethode

De ruimte wordt met behulp van een ventilator op een bepaalde constante overdruk of onderdruk gebracht (maximale drukverschil binnen/buiten is 100 Pa). De luchtstroom die door de ventilator in of uit de ruimte wordt gevoerd, wordt gemeten. Deze luchtstroom is in massa gelijk aan de luchtstroom door de lekopeningen.

De mate van over- of onderdruk moet zodanig worden gekozen dat de invloed van wind mag worden verwaarloosd. De windsnelheid mag tijdens de metingen de onder c genoemde waarde dan ook niet overschrijden.

Temperatuurfluctuaties in de ruimte hebben relatief grote drukvariaties tot gevolg. Tijdens de meting moeten de koelinstallatie en de koelerventilatoren derhalve worden uitgeschakeld. Bovendien mag de meting slechts van korte duur zijn (bijvoorbeeld 15 min) zodat de verstorende invloed van de relatief warme buitenlucht op de ruimtetemperatuur kan worden verwaarloosd.

Teneinde verschijnselen van condensatie of bevriezing op de luchtstroommeetapparatuur te voorkomen, dient als standaard de meting met overdruk te worden toegepast. Indien hierbij een relatief grote lekstroom wordt vastgesteld, kan een tweede meting met onderdruk worden uitgevoerd, teneinde te onderzoeken of de lek bij de standaard meting het gevolg kan zijn bijvoorbeeld van het naar buiten drukken van de deur.

De meting moet worden uitgevoerd voor tenminste 4 verschillende waarden van het drukverschil van ca 30 tot ten hoogste 100 Pa.

c Meetomstandigheden

De meting mag slechts worden uitgevoerd:

- bij een windsnelheid lager dan 5 m/s op 4 m hoogte in het vrije veld;
- bij afwezigheid van directe zonstraling op de geïsoleerde dakpanelen of bij een stralingsintensiteit van ten hoogste 300 W/m^2;
- zonder sneeuwbelasting van het dak;
- bij geheel gesloten ruimte;
- bij uitgeschakelde koelinstallatie.

d Te meten grootheden

Voor het berekenen van de massastroom van de lucht bij een constant drukverschil tussen binnen en buiten dienen de volgende grootheden te worden gemeten:

- het drukverschil tussen binnen en buiten de gekoelde ruimte met een schuine-buismanometer (voor buitenopstelling het referentiepunt aan te brengen op grotere afstand tot het gebouw dan de hoogte ervan);
- de temperatuur van de aangezogen lucht;
- de atmosferische druk;
- het drukverschil over een meetflens (gemonteerd in een recht leidingstuk

volgens DIN 1952 'Durchflussmessregeln').

Mede in verband met mogelijke beïnvloedingen door weersomstandigheden en dergelijke, dienen tegelijkertijd de volgende grootheden te worden gemeten en in het meetrapport vermeld:

- de luchttemperatuur in de ruimte op vier representatieve plaatsen (eventueel ook direct na de luchtstroommeting en na menging met behulp van de koelerventilatoren);
- de gemiddelde windsnelheid en de windrichting op 4 m hoogte in het vrije veld.

Afhankelijk van de inhoud van de gekoelde ruimte moet voor de luchtstroommeting globaal worden gerekend met ventilatorcapaciteiten volgens tabel 1.

Een totale onnauwkeurigheid van de meting van ± 5% is acceptabel.

e Voorzieningen aan de gekoelde ruimten

In verband met de uit te voeren drukmetingen verdient het aanbeveling om voor het aansluiten van de lekmeetapparatuur bij nieuwe ruimten de volgende voorzieningen aan te brengen:

- één kunststof wanddoorvoering ø 50 mm inwendig, aan beide zijden luchtdicht afsluitbaar met schroefdeksel;
- één kunststof wanddoorvoering met een nominale maat (afhankelijk van de ruimte-inhoud) volgens tabel 1; deze doorvoering moet aan beide zijden met blindflenzen luchtdicht kunnen worden afgesloten;
- een wandcontactdoos 220 V 16A met veiligheidsaarding op minder dan 50 m afstand van bovengenoemde meetdoorvoeringen.

Tabel I

inhoud van de ruimte (m^3)	*max. capaciteit (m^3/h)*	*diameter van aansluitleiding (mm)*
< 500	150	90
500– 5000	850	180
5000–20000	2150	250

Bij de keuze van het kunststofmateriaal moet rekening worden gehouden met de bedrijfstemperaturen. Zacht of hard PVC is in onbelaste toestand slechts geschikt tot −10°C, doch Hoogslagvast PVC tot −30°C. Wanneer de doorvoeringen niet voor metingen worden gebruikt, moeten ze worden opgevuld met isolatiemateriaal (bijvoorbeeld polystyreen).

f Meetinstanties

Bij de keuze van de meetmethode is er rekening mee gehouden dat leveranciers van gekoelde ruimten in eigen beheer dergelijke metingen kunnen uitvoeren zonder extreem hoge kosten voor de aanschaffing van apparatuur. Desgewenst kunnen de metingen ook tegen verrekening van de kosten aan een neutrale instantie worden opgedragen. Als zodanig kunnen optreden:

- TNO afd. warmte- en koudetechniek, Apeldoorn
- Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw, Wageningen
- Sprenger Instituut, Wageningen
- Vereniging Krachtwerktuigen, Amersfoort.

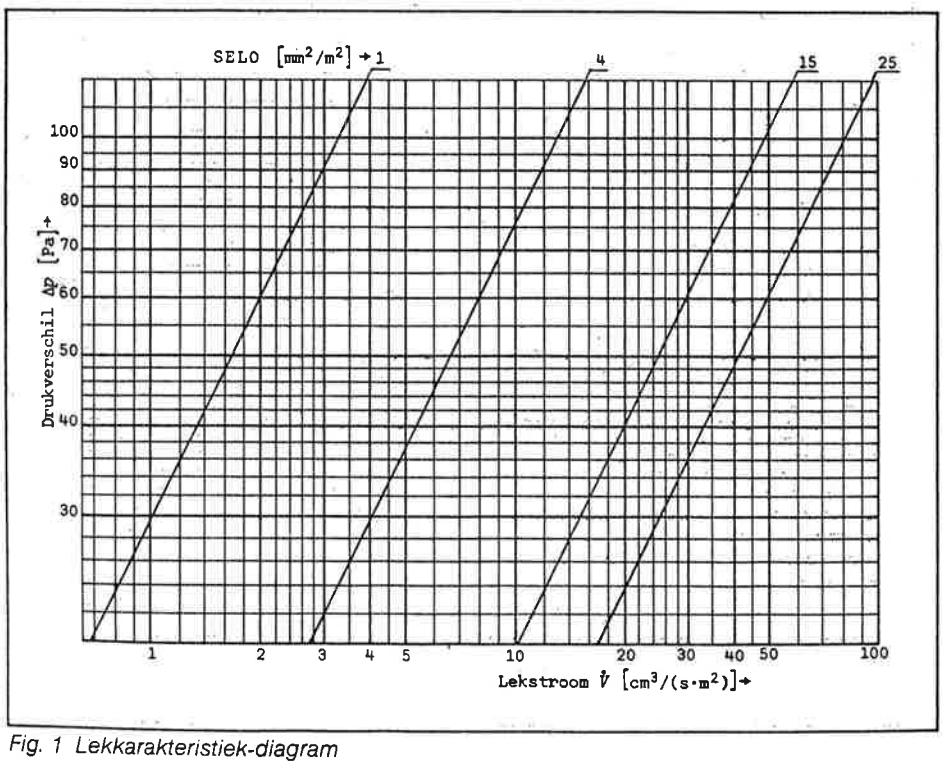

Fig. 1 Lekkarakteristiek-diagram

4 Uitvoering van de luchtlekmeting

Bij nieuwe koel- en vrieshuizen verdient het aanbeveling vóór het afkoelen van de ruimte een lekmeting te doen, opdat eventuele montagefouten onder gunstige omstandigheden kunnen worden hersteld. Alvorens de ruimte op te leveren, dient de meting onder bedrijfscondities te worden herhaald met inachtneming van de bovengenoemde meetomstandigheden. Tevens verdient het aanbeveling dergelijke metingen eens per 2 of 3 jaar te herhalen. Voor CA-ruimten waar het luchtlek bepalend is voor de mogelijkheid de vereiste bewaarcondities te bereiken, is het gewenst een meting uit te voeren voor elk bewaarseizoen.

5 Verwerking der meetgegevens

De volgens de onder 3 beschreven methode, bij verschillende drukverschillen gemeten waarden van de lekstroom, dienen te worden gedeeld door het totale wandoppervlak van de ruimte, inclusief de vloer. De aldus verkregen waarden, uitgedrukt in $cm^3/(s.m.^2)$, moeten worden ingetekend in een dubbel logarithmisch diagram (zie fig. 1), waarin de bij de voorgeschreven maximum selo-waarden behorende lijnen zijn opgenomen. Indien de verbindingslijn van de ingetekende meetpunten in zijn geheel is gelegen links van de lijn voor de hoogst toelaatbare selo-waarde (zie 2), voldoet de ruimte aan de gestelde eis.

Opmerking — Indien de verbindingslijn bij lage drukverschillen een duidelijk grotere helling vertoont dan bij de hogere waarden, wijst dit op de aanwezigheid van één of enkele grotere lekopeningen. Het verdient aanbeveling deze op te sporen en te dichten.

6 Hoogst toelaatbare drukverschil

Met betrekking tot het hoogst toelaatbare drukverschil dat in de dagelijkse praktijk van koel- en vrieshuizen aanvaardbaar kan worden geacht, wordt aanbevolen hiervoor 200 Pa aan te houden, tenzij door de architect een lagere waarde wordt voorgeschreven.

7 Beveiliging tegen te grote drukverschillen

Teneinde te voorkomen dat het drukverschil tussen ruimte en omgeving de hoogst toelaatbare waarde overschrijdt, dient in de wand van de koude ruimte een opening te worden aangebracht, waarvan de diameter afhankelijk is van het ruimvo-

lume V [m^3] en van de temperatuurgradiënt D [K/min] die maximaal kan optreden. De waarde voor D kan worden ontleend aan tabel II.
Met de waarde van het produkt $V \cdot D$ [m^{3}K/min] kan in figuur 2 worden afgelezen welke de diameter d [mm] van de opening tenminste moet zijn.

Opmerking: Indien de gradiënt D wordt vastgesteld buiten inachtneming van het vanaf omgevingstemperatuur naar lage temperatuur brengen van de ruimte, **mag bij het uitvoeren van deze handeling de deur niet geheel zijn gesloten.**

Indien twee, door een tussenwand gescheiden ruimten die onafhankelijk kunnen reageren op temperatuurschommelingen, worden beveiligd tegen 200 Pa drukverschil, dient voor de sterkteberekening van de tussenwand het dubbele drukverschil in rekening te worden gebracht, tenzij de veiligheidsopeningen van beide ruimten worden bepaald met de som van de gradiënten D van de afzonderlijke ruimten. Dit laatste is altijd vereist voor een ruimte die zich geheel binnen een grotere koude ruimte bevindt.
De diameter van de veiligheidsopening dient niet kleiner dan 30 mm te worden aangenomen.

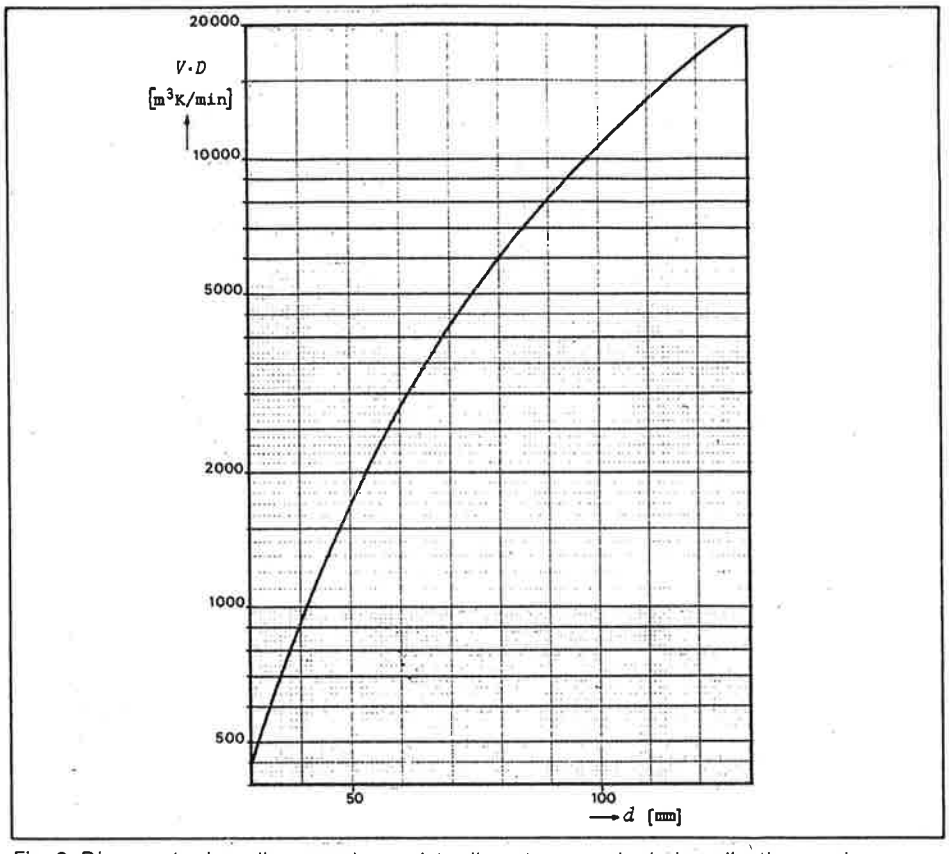

Fig. 2 Diagram ter bepaling van de vereiste diameter voor de drukegalisatie-opening

8 Plaats van de veiligheidsopening
De veiligheidsopening dient te worden aangebracht op een gemakkelijk bereikbare plaats in de gevel van de deur en in de nabijheid daarvan, op halve deurhoogte. Kan hieraan niet worden voldaan, dan moet de opening van een veiligheidsklep worden voorzien (zie onder 9). Dit laatste geldt eveneens indien zich in meer dan één gevel deuren bevinden.

In de koude ruimte moet geen lading in de onmiddellijke nabijheid van de opening worden geplaatst, ter voorkoming van condens-, rijp- of ijsvorming op lading en stellingen.
Voorkomen moet worden dat de luchtstroming door de opening wordt beïnvloed door de luchtkoelerventilatoren.
Indien de vereiste doortocht over meer openingen wordt verdeeld, zo dienen deze hetzij direct naast elkaar te worden aangebracht, hetzij te worden voorzien van een veiligheidsklep (zie onder 9).
Er dient voor te worden gewaakt dat geen verontreinigde of met ongewenste reukstoffen bezwangerde lucht door de opening in de koude ruimten kan geraken. Het binnentreden van vogels dient door middel van een rooster te worden voorkomen.

9 Veiligheidsklep
Het energieverlies dat door de aanwezigheid van de drukverschilbeveiligingsopening optreedt, is van de grootte-orde van 0,5 à 1%. Het kan worden gereduceerd door in de opening een klep aan te brengen die beneden een bepaalde drempelwaarde voor het drukverschil gesloten blijft.
Voor deze klep geldt als voorwaarde dat hij bij een drukverschil van 200 Pa een opening heeft vrijgemaakt die tenminste gelijk is aan die volgens figuur 2.
De klep dient tegen vastvriezen gevrijwaard te zijn, bijvoorbeeld door een verwarmingsvoorziening.
Omdat het falen van de klep het optreden van excessieve krachten op de bouwconstructie tot consequentie kan hebben, is een regelmatige controle op het deugdelijk functioneren van de klep noodzakelijk.
Ca-cellen dienen altijd van een veiligheidsklep te worden voorzien. Aanbevolen wordt om op cellen van 50 m^3 volume en kleiner één veiligheidsklep te monteren.

10 Toepassingsgebied van de richtlijnen
De richtlijnen zijn van toepassing voor alle niet verplaatsbare ruimten waarin lage temperaturen worden toegepast, zowel voor het bewaren als voor het op lage temperaturen brengen van produkten. Zij gelden niet voor ruimten die zijn geconstrueerd voor het bewaren van produkten waarbij ventilatie van buitenlucht wordt toegepast, zoals voor de bewaring van aardappelen.
De richtlijnen dienen te worden gehanteerd bij het ontwerpen van nieuwe koel- en vriesruimten en voorts bij het doen uitvoeren van lekmetingen zowel op nieuw gebouwde als op bestaande inrichtingen.

Tabel II

V_{netto} [m^3]	D [K/min]	
	geen inbreng warm produkt	*grotere inbreng warm produkt*
200– 500	5	8
500– 1000	3	5
1000– 2000	2,5	4
2000– 5000	2	3
5000–10000	1,5	2,5
10000–20000	1	1,5
> 20 000	0,5	1
Invriescellen		20

11 Literatuur

J. van Male – Ondichtheid van de wanden in het koel- en vriesbedrijf.
KOELTECHNIEK 73 (1980) nr 9 (p. 196) en nr 10 (p. 223).
A. Patin e.a. – Overdruk en onderdruk in koude ruimten en de beveiliging daartegen.
KOELTECHNIEK 73 (1980) nr 7 (p. 148).
L. Váhl – Nieuwe inzichten over de lekdichtheid van gekoelde ruimten.
KOELTECHNIEK 73 (1980) nr 10 (p. 229).
NEN 3850, Technische Grondslagen voor de Berekening van Bouwconstructies.
Uitg. Ned. Normalisatie-instituut, 1972.